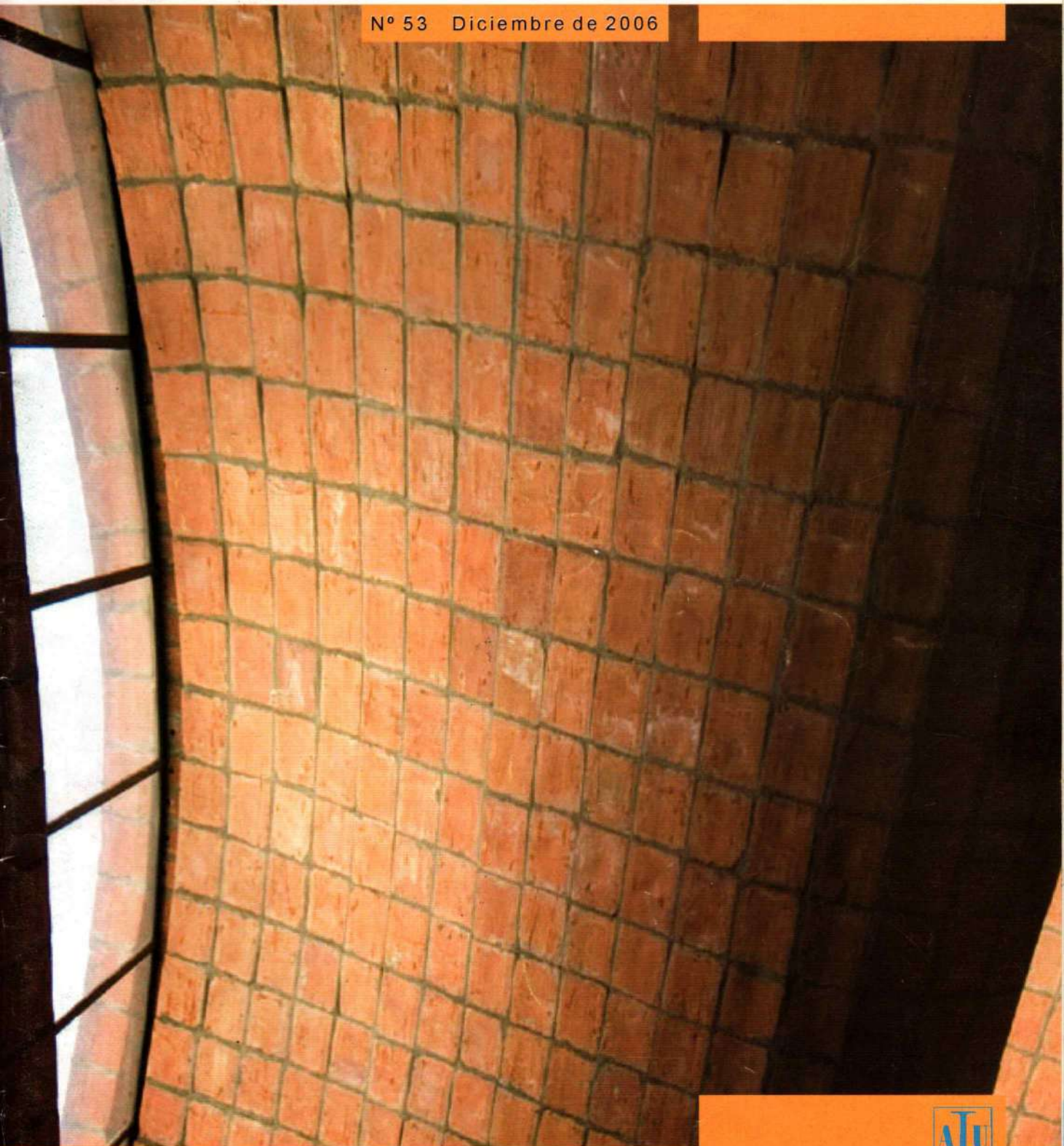


revista de la asociación de ingenieros del uruguay

Nº 53 Diciembre de 2006



ASOCIACIÓN DE INGENIEROS DEL URUGUAY



Sector Industria:

360

empresas clientes

Sector Comercio:

400

empresas clientes

Sector Servicios:

450

empresas clientes

Sector Construcción:

65

empresas clientes

Sector Informático:

60

empresas clientes

Y más  
de 2.000 empresas  
otorgan:



¿y usted qué espera para beneficiar  
a su empresa y motivar a su personal?

Contáctenos para  
conocer además  
nuestros servicios:

***Ticket Restaurant®***  
y ***Ticket Transporte®***

Tel.: 408 8080 int. 7-231 - Fax: 402 6918  
E-mail: [empresas@accor-services.com.uy](mailto:empresas@accor-services.com.uy)  
Web: [www.accor-services.com.uy](http://www.accor-services.com.uy)

**ACCOR  SERVICES**

# contenido

Nº 53



3

## *Dieste: el profesor, el ingeniero y el hombre*

Acto de Homenaje a Dieste  
10 de noviembre de 2006  
Sala Movie Center  
Montevideo Shopping

ING. BLAS MELISSARI



8

## *El Cluster de las empresas forestales: una oportunidad para la ingeniería nacional*

WALTER A. LUSIARDO,  
INGENIERO CONSULTOR, PRAXIA

11

## *El cemento Pórtland en ANCAP*

CR. EDUARDO MILANO  
ING. QUIM. LUIS GARCÍA  
ING. QUIM. ALBERTO ETCHEVERRY

14

## *Uso directo de la energía solar para calentamiento de agua en viviendas*

2 parte

ING. IND. CARLOS MARTONY

17

## *Los puentes atirantados de mayor vano del mundo*

JUHANI VIROLA,  
EUR ING-FEANI  
HELSINKI, FINLANDIA



21

## *Oliver Heaviside teoría versus práctica*

22

## *Albert Einstein frases y pensamientos*



23

## *¡Diseño!*

JAMES M. FISHER PH. D., P.E.  
James Fisher recibió el Premio  
J. Lloyd Kimbrough 2006,

El más alto honor que otorga  
el American Institute of  
Steel Construction (AISC)  
a diseñadores de estructuras.



29

## *visita: Central Térmica de Respaldo "Punta del Tigre"*



31

## *participación de la a.i.u.: Olimpiadas de ingenieros argentinos*





## CADA VEZ MÁS CERCA...

LLEGADOS A ESTE PUNTO DEL AÑO, EN DONDE ACOSTUMBRAMOS A EVALUAR EL CAMINO RECORRIDO, MI MENSAJE A LOS SOCIOS Y COLEGAS ES QUE TENGO LA SENSACIÓN DE HABER TRANSITADO MUCHO Y QUE TODAVÍA HAY MUCHO MÁS PARA RECORRER. QUE EL CAMINO SE ALARGA TAN PRONTO VAMOS CONQUISTANDO TERRENO. TODO UN DESAFÍO, ENTRE FRUSTRANTE Y DESAFIANTE. EN TODO CASO, ES UNA TAREA QUE REQUIERE DE ESFUERZOS COLECTIVOS IMPORTANTES.

Tengo, eso sí, la sensación de estar cada vez más cerca del sentimiento y necesidades que nuestros colegas y en especial, nuestros socios, esperan de esta organización. Es más, pretendemos ser visibles a la sociedad toda como palanca impulsora de nuestra actividad profesional pero también de nuestro rol ciudadano, al servicio de la mejora de calidad de vida de todos, en el sentido más amplio posible.

Así, hemos establecido compromisos claros, sin ambigüedades, transparentes, a múltiples niveles.

A nivel de relaciones interorganizacionales, hemos reglado (pautadas algunas, estimuladas otras) las vinculaciones de AIU con otros colectivos profesionales, conscientes de la necesidad de estar, pero siempre con un sentido más utilitario que simbólico.

A nivel gobierno nacional, hemos desarrollado una política más directa de participación en temas de interés profesional, realizando múltiples aproximaciones y contribuyendo directamente en temas tales como el "conflicto de las papeleras", la normativa de tránsito y transporte a nivel nacional, el nuevo reglamento de vivienda y ordenamiento, establecimiento de normas de protección de la profesión a nivel nacional y regional.

A nivel académico hemos desarrollado acciones tendientes al estudio en profundidad de los sistemas educativos actuales, de grado y postgrado, externamente al propio sistema pero también internamente, definiendo nuestra participación institucional en el cogobierno universitario. Soy de la opinión que los estudiantes debieran tener un rol más activo y decidido en la asociación, para lo cual estamos desarrollando políticas de acercamiento a través de jornadas y charlas.

Este año que culmina hemos realizado dos ciclos de charlas en los temas de Energía y Forestación con la participación de destacados panelistas y con la convicción de haber puesto la piedra fundamental de la estructura del debate que la sociedad reclama en estos y otros temas. El 2007 nos verá comprometidos en el avance de esos estudios y a no dudarlo, la inclusión de otras temáticas de similar importancia.

En fin, la idea de este "mensaje navideño" más allá de hablar de amor y paz, es transmitir que tenemos la convicción que vamos bien encaminados, que nuestra función al frente de la Asociación es la de ser motor de los cambios que los asociados pretenden, trabajando en todos los ámbitos que se requiera, con cariño, respeto, muchapasión y profesionalismo.

El esfuerzo no puede ni debe ser de unos pocos. Invito a la participación activa, al apoyo y a la crítica, a utilizar los caminos de comunicación que ya tenemos o cualquier otro que sirva a esos fines. Los que están por fuera de AIU y los que estamos adentro compartimos la misma visión de querer tener una profesión fuerte, dinámica, socialmente responsable, humanamente comprometida... Para eso, hagamos lo que mejor sabemos hacer. Eso mismo. Hacer.

Nosotros estamos en eso. Un abrazo a todos.

Ing. Claudio Brandino, Presidente

## COMISIÓN DIRECTIVA DE LA ASOCIACIÓN DE INGENIEROS DEL URUGUAY

**PRESIDENTE**  
Ing. Claudio Brandino

**1ER. VICEPRESIDENTE**  
Ing. José Luis Debat

**2º VICEPRESIDENTE**  
Ing. Ariel Nieto

**SECRETARIO**  
Ing. José Luis Otero

**PROSECRETARIO**  
Ing. Carlos Martony

**TESORERO**  
Ing. Marcelo Erlich

**PROTESORERO**  
Ing. Guillermo Riso

**VOCAL**  
Ing. Raúl Boado  
Ing. Alicia Cuba  
Ing. Orlando Egüez  
Ing. Daniel Greif

**REDACTOR RESPONSABLE**  
Ing. Martín Dulcini

**DISEÑO GRÁFICO**  
Contraarte  
Achiras 1377 - Tel.: 709 00 44

**ADMINISTRACIÓN Y PUBLICIDAD**  
Editora de revistas S. R. L.  
Vázquez 1434.  
Tel. 408 5009, telefax: 401 4511

**IMPRESIÓN**  
Imp. AURELIA - D. L. N° 257.156-96

Todos los derechos reservados.  
Los artículos firmados que se publiquen son de total y exclusiva responsabilidad de sus autores y la Dirección de la Revista no se solidariza necesariamente con las opiniones en ellos expuestas. De acuerdo a las recomendaciones de la II Convención de UPADI se permite la transcripción de artículos o pasajes de los mismos solamente con la autorización previa y la indicación de la fuente respectiva.  
Toda correspondencia debe ser encaminhada a la Redacción: Cuareim 1492, telefaxes.: 901 17 62 - 900 89 51.  
E-mail: aiua@adinet.com.uy.  
Internet: www.aiu.org.uy  
Por suscripciones dirigirse a la Redacción. Publicación exonerada de todos los impuestos nacionales (Resolución del P. E. del 13/5/1965). Precio del ejemplar \$ 20, (50% de descuento) para estudiantes de Ingeniería.  
ISSN 0797-05060

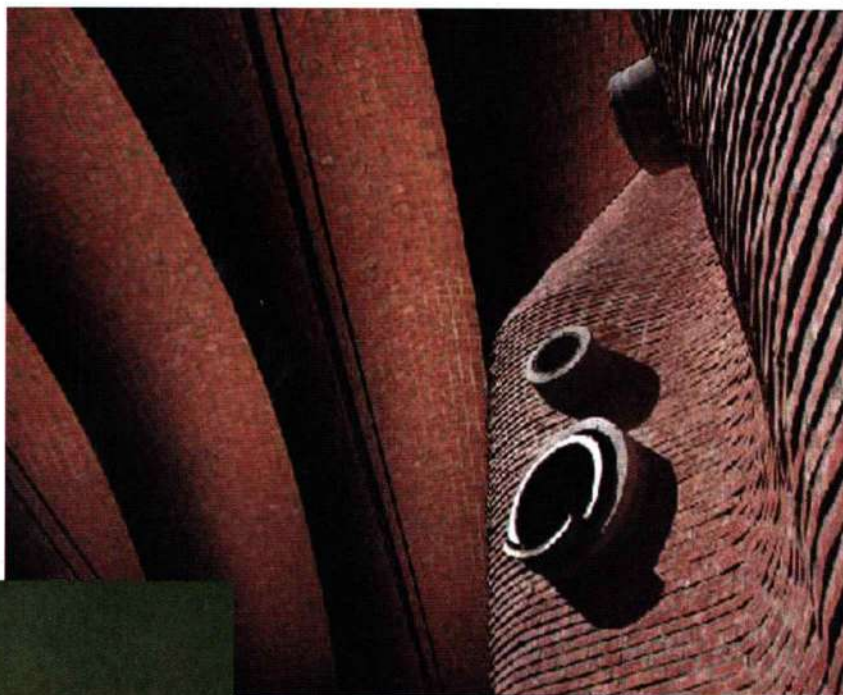
La Asociación de Ingenieros del Uruguay está integrada por los siguientes profesionales universitarios Ingenieros: Civiles, Electricistas, Industriales, Industriales Electricistas, Industriales Eléctricos, Industriales Mecánicos, Mecánicos, Navales, Sist. en Computación.

Ing. Blas Melissari

# Dieste: el profesor, el ingeniero y el hombre

ACTO DE HOMENAJE A DIESTE - 10 DE NOVIEMBRE DE 2006

Sala Movie Center - Montevideo Shopping



SIN DUDA, EL TÍTULO DE LAS REFLEXIONES QUE SIGUEN ACERCA DE LA PERSONALIDAD DE DIESTE, TIENE UN ALCANCE MUCHO MAYOR QUE LAS MISMAS. ELLAS SÓLO PRETENDEN ACERCAR A LA COMPRENSIÓN DE SU PERSONALIDAD, A TRAVÉS DE LAS VIVENCIAS DE ALGUIEN QUE HA TENIDO LA OPORTUNIDAD Y EL PRIVILEGIO DE COMPARTIR AUNQUE SEA FUGAZMENTE, MOMENTOS IMPORTANTES DONDE SE PUSIERON DE MANIFIESTO VIRTUDES QUE CONTRIBUYEN A AQUILATAR SU VALOR EN DISTINTAS DIMENSIONES.

Incluso el orden de los distintos enfoques puede ser discutible a la hora de priorizar su importancia, pero es el que se dio en la vida del joven discípulo que fuimos cuando lo conocimos, el

colega que compartió algunas de sus inquietudes y el observador reflexivo que analiza con la sabiduría que consolida la madurez.

Fuimos alumnos de Dieste hace casi medio siglo. Mucho tiempo después supimos que eran los años en que se gestaba el edificio de la iglesia de Cristo Obrero en Estación Atlántida, construida en 1958, una de sus obras más relevantes. A pesar de la intensa labor profesional, no dejó de destinar parte de su tiempo para contribuir a la formación de los jóvenes ingenieros a través de la cátedra de Mecánica General II del entonces decano Ing. Carlos Berta, donde se encargaba del curso práctico de ejercicios. Su estilo docente se conjugaba con sus concepciones constructivas. Priorizaba la comprensión del funcionamiento del hecho físico en los problemas de dinámica que proponía. Una vez entendido y modelado el problema real, el enfoque matemático resultaba claro y su interpretación confirmaba la idea concebida si era la correcta. No era que Dieste desdénara el poder de las herramientas matemáticas y las evoluciones derivadas de las mismas. Al respecto, años después diría en uno de sus escritos que pocas cosas de nuestro mundo son más prodigiosas que la computación, con cuya ayuda es posible resolver complejas ecuaciones diferenciales capaces de representar el comportamiento de los problemas que se plantean. "Pero las máquinas no responden por sí mismas, nunca nos darán sustancialmente más que lo que le ponemos dentro; o sea, que la creación de la forma seguirá siendo el resultado del trabajo de la mente humana, ese prodigio que produjo las computadoras y las trasciende infinitamente".

Intercambiando ideas con los viejos compañeros de aquella época, ya con una perspectiva suficiente como para aquilatar debidamente el estilo, coincidimos en que logró transmitir ese modo de entender la ingeniería a todas las generaciones que lo conocieron y supieron apreciarlo. Su vocación do-

cente y su generosidad intelectual fueron decisivas para que un ingeniero con su capacidad, las oportunidades de trabajo a nivel internacional y las responsabilidades que asumía como proyectista y creador, distrajera buena parte de su tiempo para dedicarlo a la formación de los futuros estudiantes, en múltiples emprendimientos entre los cuales destaco el Taller del Ciclo Básico creado en el Plan 1967, siguiendo el camino iniciado por el Ing. Alberto

Ponce, otro grande de la ingeniería nacional.

Acerca del Dieste ingeniero es de lo que más se ha hablado y ponderado en estos tiempos, pero caben algunas precisiones para reafirmar algunos conceptos y juicios para mí muy importantes.

Contra el mito de la rigidez estética de las obras de los ingenieros, la obra de Dieste se eleva como una demostración de la posibilidad de convocar

## "AIU - Día del Patrimonio - Sábado 7 de octubre"

### Exposición Fotográfica: "Construcción de Montevideo Shopping"



la belleza y la finalidad económica, social o espiritual. A mi juicio, la belleza es siempre agradable al espíritu. Pero cuando va acompañada con la funcionalidad, alcanza el nivel de lo sublime.

La revolución que impulsó Dieste en sus concepciones constructivas emergió del mismo método analítico que inculcaba a sus alumnos en las clases del viejo salón 9 de la Facultad donde lo conocimos.

El ladrillo, antiguo y modesto elemento de construcción, fue seleccionado luego de un examen cuidadoso y conciente de los materiales disponibles. Su alta resistencia a la compresión, hasta  $1500 \text{ Kg/cm}^2$  para los mejor elaborados, obtenibles a partir de materias primas abundantes en la naturaleza, aún en países como el nuestro, fue el primer atractivo para su elección. La otra propiedad fue el relativamente bajo valor del módulo elástico E, módulo de Young, lo que implica menor carga para la misma deformación, o dicho de otra forma permitir deformaciones superiores a las de otros materiales de mayor E sin alcanzar cargas críticas que pongan en riesgo su integridad. Eso permite una mayor adaptabilidad del ladrillo dentro de la estructura.

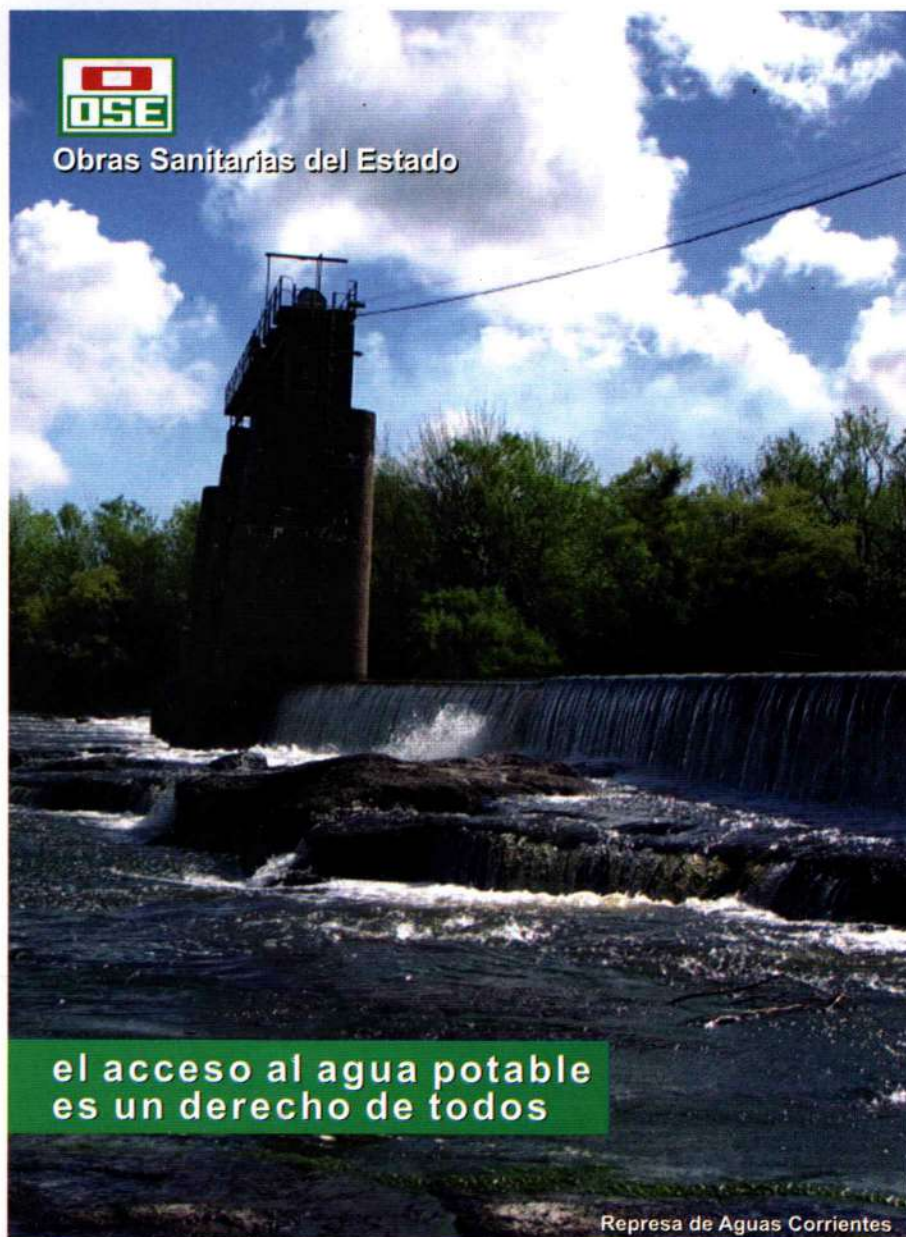
Hay otras razones para la elección del ladrillo, entre las cuales destacamos su resistencia a las altas temperaturas, propia de los materiales cerámicos. Una de las obras de Dieste, la del reciclado de un depósito del Puerto de Montevideo realizada en 1975, tuvo oportunidad de hacer lucir esa propiedad cuando el local fue atacado por un incendio.

Por supuesto que la baja resistencia a la tracción y la mayor relevancia de los problemas de pandeo derivados del menor valor del módulo de Young, constituyeron desafíos que Dieste tuvo que afrontar y resolver con la geometría de la estructura. La forma de arco contracatenaria soportaba los esfuerzos de flexión a través de su transformación en cargas de compresión para los elementos cerámicos. La on-

dulación transversal de la estructura le otorga más inercia a la sección, capaz de contrarrestar el mayor efecto de pandeo.

Nace así la cáscara gausa. No como una evolución estética o antojadiza sino como una respuesta racional, meditada, respetando las características propias de los materiales cerámicos que la componen. Era imposible sostener cubiertas cerámicas en el espacio, diseñadas con los conceptos y criterios propios de las estructuras de hormigón y acero, estrechamente vinculados a los entramados planos. La forma surge de las posibilidades del material y compensa sus debilidades.

Para la realización de esas nuevas formas, Dieste tuvo que desarrollar elementos mecánicos para las distintas fases de la elaboración de encofrados, su desplazamiento y el relevamiento de cargas y tensiones, como dispositivos de precompresión y anclaje. Nos consta su preocupación respecto a la seguridad y la estética de todos esos dispositivos. Dieste era un hombre con un profundo respeto por los usuarios pero también por el personal que colaboraba en la construcción de sus obras. Dentro de ese respeto estaba la estética aún de las herramientas y los aspectos de seguridad para que no hubiera posibilidades de accidentes. Era conciente del salto tecnológico que enca-



**OSE**

**Obras Sanitarias del Estado**

**el acceso al agua potable es un derecho de todos**

Represa de Aguas Corrientes

bezaba y la necesidad de prever todo pensando, puesto que no se disponía de una casuística previa.

En esta tarea, nos dio muchas veces la oportunidad de pensar juntos, en la Sala de Ensayos del Instituto de Ensayo de Materiales que dirigíamos, algunos detalles de sus dispositivos y los ensayos a realizar para probarlos y no dejar nada librado a la suerte.

Para finalizar, dos anécdotas simples pero que revelan con contundencia la talla del hombre.

En 1986, una vez encaminada la Facultad a su normalidad luego de la intervención, concurrimos con un grupo numeroso de docentes y egresados a su estudio de la calle Carlos Roxlo a los efectos de solicitar su asentimiento para proponerlo como candidato a Decano. Considerábamos que por su trayectoria, sus ideas y sus conceptos acerca de la formación del ingeniero, era la persona más idónea para aunar todas las voluntades, a esa altura muy dispersas, de los distintos órdenes de la Facultad de Ingeniería.

Recuerdo su gesto de agradecimiento por el honor que eso le significaba. Pero era conciente que tenía un compromiso ineludible que cumplir, para el cual no existía ninguna alternativa y el tiempo no le sobraba. Había dedicado su vida a desarrollar conceptos propios dentro de la construcción y entendía que debía legarlos en beneficio de la comunidad a través de libros que instruyeran a los futuros ingenieros y les permitiera continuar y mejorar sus métodos. Declinó emocionado nuestro ofrecimiento. En esa época tenía en carpetas los manuscritos de los últimos libros que dejó.

El último ejemplo que quiero mencionar tiene que ver con su actitud ante un hecho siempre posible en la trayectoria de un ingeniero y más aun en la de quien da un gran paso adelante con concepciones técnicas nuevas y desafiantes. Es en este tipo de adversidad donde el hombre debe dar el máximo de su talla. Y Dieste la alcanzó.

## "AIU - Día del Patrimonio - Sábado 7 de octubre"

Charla "Vida y Obra del Maestro Eladio Dieste"  
Ing. Gonzalo Larrambebere



Tomamos sus propias palabras: "Para dar forma a una obra, conciente o inconcientemente hay siempre algo de salto al vacío; pero si nos hemos entregado seriamente a nuestro problema, adquirimos luego de todos los análisis una seguridad de otro orden, llegamos a vivir desde dentro nuestra construcción y tiene ese salto más de vuelo que de caída".

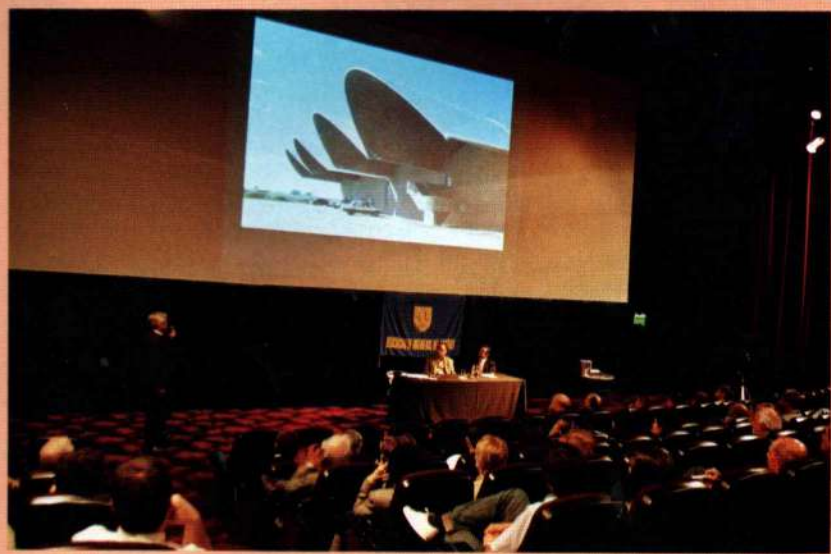
La construcción de una bóveda de cerámica armada implica una serie de factores a tener en cuenta con mucha precisión para asegurar el mantenimiento de la forma en el momento más crítico, que es el desencofrado. Uno de ellos es la armadura longitudinal de traba, que asegura la integridad de las ondulaciones, porque en ese momento, con el mortero por debajo de su resistencia máxima, el módulo de Young también disminuido, es vital la conservación de la forma ondulada.

Ese desencofrado rápido es fundamental para que el mortero tenga una resistencia que asegure una buena distribución de los esfuerzos y el asentamiento de la forma, compensándose la

insuficiente adherencia debida al fraguado incompleto por las fuerzas de frotamiento entre los elementos cerámicos. Claro que ese desencofrado, que se hace luego de 3 horas para una bóveda de 15 m de luz y luego de 14 horas para bóvedas de 50 m de luz, debe respetar la existencia de un mínimo de resistencia del hormigón luego de ese tiempo de fraguado. Por ese motivo, cuando se trabaja en días muy fríos se recurre a la protección de la membrana mediante toldos y hasta la ventilación con aire caliente durante esa etapa del curado.

En 1987 Dieste estaba construyendo la novena bóveda de la planta industrial de una procesadora de productos cítricos en la ciudad de Paysandú. Se trataba de una serie de bóvedas de doble curvatura y arco construidas por el método ya ampliamente probado, de las cuales las ocho contiguas ya estaban terminadas.

Una conjunción de circunstancias atmosféricas absolutamente inesperadas en nuestro clima, con temperaturas y vientos extremos, provocaron du-



rante la noche en la bóveda recién llenada, el levantamiento del toldo protector y la alteración del proceso de fraguado del mortero por efecto de la bajísima temperatura registrada.

Como consecuencia, durante el desencofrado la bóveda en construcción perdió su geometría y como existe una relación de dependencia en el soporte de cargas entre las bóvedas contiguas, se desmoronaron las otras ocho y lamentablemente se produjeron pérdidas humanas y lesiones entre personas que se encontraban trabajando en ellas,

Dieste sufrió en carne propia ese

hecho. Personalmente, entiendo que no fue el mismo desde ese momento y no dudo que la tensión sufrida por el hecho influyó para resaltar algunos quebrantos que luego de ese tiempo alteraron su salud.

Vivimos muy de cerca esas circunstancias, porque fue aquí en la Facultad que realizamos la investigación de la variación con el tiempo de la resistencia del mortero sometido a distintas temperaturas extremas, tanto para Dieste como para el perito legal que entendió en el caso. La preocupación más grande de Dieste fue evaluar las

causas del accidente y sobre todo, una vez constatadas las mismas, deslindadas las responsabilidades, resarcir a los damnificados o a sus familias con el producto obtenido por la demanda correspondiente.

Esa obra le dejó un profundo dolor imposible de superar. Poco tiempo después, ese mismo año, concurrió al Seminario de Arquitectura Latinoamericana que tuvo lugar en Tlaxcala, México, donde dictó una conferencia y presentó su primer libro, de una editorial colombiana. La primera página de ese libro lucía una dedicatoria que es testimonio de que realmente su corazón tenía una profunda herida, pero también un profundo respeto hacia sus colaboradores. Decía: "El 25 de mayo de 1987 se produjo en una de nuestras obras, en Paysandú, un trágico accidente en el que murieron Juan Pintos, capataz; Walter López, albañil; Amado Aranda, albañil; Carlos Gerardo, apuntador; Juan Ramón Vergara, maquinista. A ellos dedico cuanto pueda haber de personal en este libro"

Una vez controlado el problema que produjo la falla, la confianza que tenía en su obra lo llevó a presenciar el desencofrado de la siguiente bóveda, construida exactamente igual a las anteriores, parado arriba de ella como era habitual en él. Ni antes ni en todas las que le siguieron después sucedió nada parecido a lo de aquella fatídica jornada. El ingeniero, aún con el alma destrozada por el caso, salió indemne porque detrás de su capacidad intelectual había un hombre completamente consustanciado con su medio y con su gente.

*Gracias profesor que  
modeló nuestro camino.*

*Gracias ingeniero que  
enorgulleció nuestra profesión.*

*Gracias ser humano  
tan singular que significa  
un ejemplo para las  
generaciones venideras.*





Walter A. Lusiardo. Ingeniero Consultor, PRAXIA

# El Cluster de las empresas forestales: una oportunidad para la ingeniería nacional

ESTE AÑO LA ASOCIACIÓN DE INGENIEROS ORGANIZÓ, ENTRE OTROS, DOS EVENTOS MUY IMPORTANTES PARA EL TRATAMIENTO DE TEMAS DE FUNDAMENTAL IMPORTANCIA PARA EL FUTURO DE NUESTRA ECONOMÍA: LA RONDA DE ENERGÍA Y LAS CONFERENCIAS SOBRE LA FORESTACIÓN. EL ÉXITO DE LAS MISMAS LO VEREMOS CON EL PASO DEL TIEMPO Y POR LA MAYOR INTEGRACIÓN DE LAS DIFERENTES DISCIPLINAS PROFESIONALES. LA SOCIEDAD TODA DEBE ESTAR AGRADECIDA POR LA DIFUSIÓN DE TEMAS QUE A TODOS NOS INCUMBEN Y FUNDAMENTALMENTE POR AQUELLOS QUE GENERAN INVERSIÓN CON LA CONSECUENTE CREACIÓN DE OPORTUNIDADES DE TRABAJO CALIFICADO.

Si bien el tiempo resultó tirano para las conferencias de la forestación, el mayor valor de las mismas fue la inserción de los ingenieros en un sector que tradicionalmente ha ocupado a ingenieros y técnicos forestales. Si uno se detiene a pensar que el 5% de la superficie de nuestro país generará tanta riqueza como el 95% restante, mediante emprendimientos industriales y servicios relacionados, ¿cómo no apostar al desarrollo del conocimiento en esta temática?

El cluster forestal está integrado por las empresas de:

- cultivo del árbol, con el desafío permanente de la mejora genética y generación de clones de especies mejoradas,
- de mantenimiento del bosque (podas, raleos, caminos, control de malezas, etc)
- de la cosecha, cada día con mayor grado de mecanización, tanto para el apeo como el desrame, el descortezado, el corte a medida, la extracción y el transporte,
- de la primera transformación en el aserrío,
- de la impregnación de tablas, tirantes y columnas en autoclave, donde se deben desarrollar mecanismos de producción más limpia, libres de CCA con competitividad de costos,
- de la leña, con procesos de secado acelerado mediante el secado artificial,
- de la pasta de celulosa y el papel,
- del tratamiento térmico de los embalajes de madera para el cumplimiento de la normativa NIMF 15,
- del secado de los productos de la primera transformación,
- de la remanufactura de los productos del secado para la obtención de productos de alto valor agregado (piezas a medida, tableros de listones, vigas laminadas, etc.),
- de los productos de alta ingeniería como resultan hoy de la extrusión de resinas plásticas con aserrín para la ob-



clasificador de troncos

tención de perfiles para la construcción (decks, fencing, etc.),

- de los tableros de partículas, los contra chapados, etc.
- de la fabricación de muebles y equipamiento en forma robotizada,
- del análisis de riesgos de incendio y explosividad,
- de la generación de energía eléctrica y térmica, con una fuente renovable de combustible nacional,
- de fabricación de pellets y briquetas,
- de la manipulación de materiales (silos de alta especialización, sistemas de transporte mecánico y neumático para el manejo de grandes volúmenes de material, no siempre tenidos en cuenta en el desarrollo de los proyectos, etc)
- de los servicios de certificación de los bosques y medición de las propiedades básicas y volúmenes,
- del mercado del carbono,
- de las obras de infraestructura para el movimiento de grandes volúmenes de carga (rutas, caminos, vía férreas, puertos, etc.),
- Etcétera, ya que seguramente hay y habrá muchos más procesos que los comprendidos en este listado.

Cada uno de estos procesos es una pieza de ese gigantesco puzzle que conforma el cluster de empresas y servicios vinculados al árbol como materia prima, tal como ilustró gráficamente el Ing. Faropa en su presentación.

De acuerdo al IAIF, el Índice de Atracción a la Inversión Forestal del BID, Uruguay se encuentra en tercer lugar, junto con Argentina y detrás de Brasil y Chile, verdaderos

adelantados en la materia. Detrás quedan todos los demás países de América Latina. La plantación forestal actual en nuestro país está compuesta por:

- 60% es de Eucalipto: más del 50% de la especie Glóbulus (con preferencia para la fabricación de papel) y el resto compuesto por Grandis (especie con preferencia para el aserrío), Dunii, Viminalis, Maidenii, etc.,
- 30% del Yellow Pine del sur de California: Pinus Elliotti y Pinus Taeda,
- 10% de salicáceas: Sauce y Álamo.

Teniendo en cuenta entonces la importancia del Uruguay para la atracción de inversiones por un lado y que el eucalipto se trata aún de una especie exótica, casi desconocida en el hemisferio norte, ¿cómo no aprovechar la sinergia que inevitablemente debe surgir de las diferentes profesiones para crear el verdadero y genuino conocimiento tecnológico nacional? Existen más de 500 variedades de eucaliptos en el hemisferio sur (algunos mencionan hasta 700), con plantaciones mínimas en el norte, con variedades diferentes en Australia, Sudáfrica y aún Brasil, ¿cómo no apostar al conocimiento propio? ¿Porqué no seguir el ejemplo finlandés, verdaderos líderes en el desarrollo del conocimiento de los procesos de toda la cadena de la industria forestal europea y mundial para las especies que ellos cultivan y procesan?

Debemos apuntar todas nuestras baterías a los procesos del eucalipto, es ahí donde surge la gran oportunidad. Un pino europeo tarda más de 60 años en crecer para su cosecha, se obtiene de él productos de alto valor. No sucede lo mismo con el eucalipto, el cual a los diez años se está cosechando para pulpa o leña y a los veinte años para el aserrío y el debobinado. No se trata de una madera dura como la que nos tienen acostumbrados los importadores de madera brasileña y paraguaya, no tiene una veta muy marcada y con uniformidad de color, pero se trata de una variedad de rápido crecimiento, multipropósito, noble a la vez que rebelde. Y así como sucede con la variedad Tannat en la vitivinicultura, se trata de una variedad en la que el país viene apostado sostenida y fuertemente desde hace veinte años.

El inversionista debe comprender que su producto final debe ser diferenciado del commodity, mediante el agregado de valor. Para ello requiere de profesionales en la materia quienes deben a su vez formarse y generar conocimiento. El empresario debe convencer al carpintero que el producto nacional es tan bueno como el importado para que deje de utilizar el 80% de su materia prima en maderas importadas. El arquitecto, el ingeniero civil, deben integrar las vigas laminadas, los tableros, las placas de OSB, MDF y los productos de ingeniería en sus proyectos de construcción. Para ello requieren del conocimiento de las propiedades mecánicas de la madera y de los productos que de ésta se obtienen. Organismos serios y responsables deben cumplir con el propósito para el cual fueron creados participando en forma estrecha y ejecutiva con los privados.

El ingeniero industrial debe participar activamente en los proyectos de nuevas instalaciones. Frecuentes errores se cometen en la selección de equipos cuando no se tiene en cuenta la flexibilidad que requiere el aserrío de las diferentes trozas a procesar tanto por su tamaño (edad, dimensiones), su geometría (cónica, paralela o curva), su variedad

(pino, eucalipto, etc.), etc. Peor aún cuando se menosprecia el volumen de residuos que resultarán de los diferentes cortes. Errores en el layout original son cuasi imposibles de resolver una vez realizada la instalación. Es importante determinar a priori cuál será el rendimiento volumétrico del equipamiento instalado. El rendimiento máximo en un aserradero moderno se encuentra en el entorno del 50 - 55% del volumen total procesado. El 50% restante es el coproducto del proceso, mal llamado residuo: astillas, aserrín, virutas, despuntes, etc. Como se mencionó en el listado de los procesos que componen el cluster forestal, hoy en día, todos estos coproductos son materias primas para nuevos procesos y productos. Si un aserradero de tamaño mediano procesa 8000m<sup>3</sup> de madera sólida mensual, 4000m<sup>3</sup> serán de coproducto y ocuparán un volumen de aproximadamente 12000m<sup>3</sup>. Quien no integre el manejo de este volumen de material particulado en el proyecto de ingeniería habrá co-

## Energía para sus proyectos



Proyecte la renovación de la matriz energética de industrias y establecimientos agropecuarios con **Gas Propano**, un energético limpio, seguro y disponible las 24hs los 365 días del año.



Capacitación y asesoramiento permanente: Tel.: (2) 623 3663  
consultas@gasur.com.uy  
[www.gasur.com.uy](http://www.gasur.com.uy)



silos de biomasa

metido un pecado original que comprometerá fuertemente el rendimiento posterior del aserradero.

El alto rendimiento del 50-55% sólo se logra mediante la incorporación de tecnología, tal como expresó el Ing. Agr. R. Bavosi. Una industria forestal no subsiste si no logra reducir el desperdicio dramáticamente, tanto de materia prima como de energía y tiempo de máquina parada. Por el motivo mencionado anteriormente, la nueva cultura que exige el corte de árboles jóvenes de eucalipto y las diferentes variedades del mismo, enfrenta a los ingenieros de la TI, ingenieros industriales y agrónomos forestales al desafío de desarrollar el software, el hardware y la maquinaria que permita alcanzar estos objetivos con materia prima tan particular. Todo aserradero de mediano porte para arriba debe contar necesariamente con un clasificador por tamaño de las trozas mediante escáner electrónico. Un segundo escaneo de cada troza se requiere antes del primer corte para que un software, tan complejo como se quiera, determine el mayor aprovechamiento de la materia prima y de la maquinaria.

Los procesos de secado del eucalipto representan otro importante desafío para el conjunto de técnicos mencionado antes. La selección de secaderos y los programas de secado (cédulas), surgirán de nuestra propia experiencia. Nadie mejor que nuestros técnicos sabrá cuáles son los regímenes de secado que introducirán distorsiones en las tablas y cuáles no. Estudios pacientes y meticulosos, a gran escala, están aún en el debe del conocimiento general.

El uso de la corteza de eucalipto para su utilización en forma particulada es un asunto complejo que requiere ensayos con equipos diversos.

El manipuleo energéticamente eficiente de los coprodutos, compuesto por los sistemas de transporte y de ensilado de los mismos, es todo un tema que debe ser analizado por gente que se especialice en la materia. Existen en la región ingratas experiencias de adaptación de silos de granos para las astillas, el aserrín y la viruta. Los silos y transportadores para este tipo de residuo, amorfo, son una especialidad en sí mismos y su selección y dimensionamiento no deben ser tomados a la ligera. Se deben determinar las propiedades características (tamaño, densidad, forma, etc.) de estos materiales para el cálculo preciso de las instalaciones de transporte neumático, verificado posteriormente en bancos de prueba en las universidades.

Los procesos de fabricación de pellets y briquetas re-

quieran también de un conocimiento propio del comportamiento del eucalipto en los procesos de extrusión y compresión. El requerimiento o no de compuestos de liga debe ser estudiado para nuestras especies.

Una central termoeléctrica de 10MWh a partir de la biomasa forestal requerirá del manejo de 70m<sup>3</sup> por hora de astilla húmeda. Sería un grave error no tener en cuenta la automatización de los sistemas de alimentación de las calderas, con una autonomía mínima de 2 horas de trabajo. Más grave aún será el error en el que se podrá incurrir en todo proyecto que considere al coproducto como un residuo, basado en la situación de precios actuales. La demanda de biomasa en el futuro cercano igualará el valor del mismo al de la propia troza por lo que otros residuos, como por ejemplo la cáscara de arroz, deben ser tenidos en cuenta para complementar la oferta. Es sorprendente que la reciente licitación para generación de energía por parte de privados haya restringido la generación máxima por operador a 10MWh cuando los integradores de proyectos aseguran que el tamaño óptimo económico para una central de esta naturaleza es de 12.5MWh. Interesantes presentaciones .ppt presentan oportunidades tentadoras para la inversión pero no siempre integran a los costos de operación, la plantilla requerida, las paradas por mantenimiento, etc. Se calculan unos 4 o 5 US\$ de reducción en el costo del MWh generado debido a los créditos del carbono.

En resumen, salvo que el fin sea el de la obtención de pulpa de celulosa, no se debe recurrir al conocimiento del procesamiento del eucalipto en el hemisferio norte. El mismo está en el sur y Uruguay debe desarrollar su propio conocimiento para sus especies y subespecies particulares, para generar productos de alto valor agregado que les diferencien de los commodities como son, por ejemplo, las tablas para pallets. El objetivo en los procesos de aserrío deben ser layouts flexibles, la alta productividad, el bajo nivel de rechazos en el secado y la remanufactura, la automatización de los procesos de corte y de la extracción de los coprodutos. La maquinaria para la cosecha y el descortezado deberá ser apta para nuestros suelos y a un costo razonable de acuerdo a la realidad económica de nuestro país. Transformar al Uruguay en un polo de desarrollo del conocimiento forestal, como lo es Finlandia en el Norte, no es una utopía, algo imposible de alcanzar. Requiere como punto de partida, del aprovechamiento del expertise actual en los países vecinos, fundamentalmente Brasil y de la sinergia resultante de la integración de las diferentes disciplinas involucradas en la materia.

El mejor homenaje a los pioneros en la materia, los ingenieros agrónomos Tusset y Durán es continuar su obra. Para ello, los ingenieros debemos estrechar lazos con los ingenieros forestales y las diferentes asociaciones vinculadas al sector tales como la Sociedad de Productores Forestales, la Asociación de Industriales de la Madera, los organismos como la Dirección Forestal y el LATU, las facultades de Agronomía e Ingeniería, etcétera. Si tres prestigiosos agrónomos forestales expusieron en la última conferencia de la AIU, ¿cómo no aceptar el desafío de ser los ingenieros también protagonistas, del cambio cultural en el cluster empresarial con mayor potencial de desarrollo en el país y en la región?

Cr. Eduardo Milano  
Ing. Quím. Luis García  
Ing. Quím. Alberto Etcheverry

# El cemento Pórtland en ANCAP

## breve descripción del proceso de fabricación.

La industria del cemento es intensiva en el uso de capital y energía; se basa en un proceso industrial complejo y continuo donde la energía térmica y eléctrica es usada 24 horas al día para transformar la piedra caliza que se extrae del subsuelo, en un producto con propiedades hidráulicas conocido como cemento portland, principal ingrediente para elaborar la denominada "roca artificial": el hormigón. Sus aplicaciones se han extendido a lo largo de la historia de la construcción y hoy las vemos a cada paso y de variadas formas en nuestra vida cotidiana.

La extracción de la roca se realiza con explosivos en minas a cielo abierto y con equipamiento de característi-

cas especiales que le permiten soportar las exigentes condiciones a la que son sometidos para perforar, fraccionar, clasificar, cargar y transportar el calcáreo hasta la primera etapa del proceso que es la trituración. En esta etapa se transforman bloques de hasta 1 metro en su dimensión mayor, en tamaños no mayores a los 3 centímetros que posteriormente ingresan a la segunda fase que es la molienda. El material es molido muy fino con el agregado de fundentes y pasa a la etapa de homogeneización, donde un delicado y permanente control químico es indispensable para preparar las mezclas adecuadas que alimentarán los hornos de clinkerización.

En los hornos se producen transformaciones físico-químicas controladas,

donde el material alcanza la temperatura requerida de 1.450 °C durante la cual pasa parcialmente a la fase líquida. Posteriormente sufre un proceso de enfriamiento en etapas, de forma de obtener una estructura cristalina predefinida y al producto final se lo denomina clinker.

El clinker es finamente molido con el agregado de un retardador de fraguado, el yeso mineral, y otras adiciones y productos químicos que le confieren las propiedades que se requieren. El resultado final: el Cemento Portland Normal tal como lo conocemos.

Variaciones en el proceso final de molienda del clinker son usadas para obtener otros productos como el Cemento Portland con Filler Calcáreo y



*Los lubricantes  
de clase mundial.*

**LUBRICANTES  
ANCAP**

Sólo poniendo lo mejor  
se puede llegar más lejos.

el Cemento de Albañilería: "Ancaplast".

### los yacimientos calcáreos uruguayos

La industria del cemento, depende de la existencia de yacimientos de piedra caliza para su desarrollo.

La producción de clinker, parte fundamental de proceso de fabricación de cemento Portland, debe realizarse junto a la cantera de la que se extrae la piedra caliza, materia prima fundamental para esta actividad.

Los yacimientos de caliza aptos para la fabricación de cemento Portland, son relativamente escasos en la región. ANCAP explota canteras de caliza que están junto a sus dos fábricas de cemento en Minas, Depto. Lavalleja y en Paysandú. Sin embargo, el desarrollo a largo plazo de esta industria en Uruguay, depende de la explotación de nuevos yacimientos; en este sentido, ANCAP posee títulos mineros sobre importantes yacimientos de caliza en los Departamentos de Paysandú y Treinta y Tres; destacándose que la totalidad de los yacimientos existentes en Paysandú están bajo su control exclusivamente.

La importancia estratégica de la ubicación y control de los yacimientos de caliza, proviene de su escasez y de que uno de los conceptos fundamentales en la industria del cemento, es que el mercado base sobre el cual las fábricas de cemento deben colocar su producción, es el mercado regional circundante a la fábrica, debido al alto costo que tiene el flete del cemento con relación a su precio de venta.

En este sentido, los yacimientos de caliza que existen en la región, están asociados a las fábricas de cemento en funcionamiento y debido a su ubicación geográfica, dejan abierta la puerta para un importante desarrollo del negocio del cemento de ANCAP, a través de la instalación de una nueva línea de fabricación, que coloque su producción

en la región y tenga su asentamiento en los yacimientos de caliza que controla ANCAP.

### los proyectos de inversión y desarrollo de ANCAP en esta industria

La energía térmica requerida en el proceso es obtenida de la combustión de fuel-oil y gas natural, según se trate de la planta de Minas o de Paysandú respectivamente, aunque se emplean minoritariamente otros combustibles

alternativos de menor poder calorífico y menor temperatura de llama como la cáscara de arroz y el aserrín de madera, que contribuyen a bajar los altos costos de los combustibles fósiles y reducir el impacto en el medio ambiente.

En los últimos años la industria del cemento en general ha ido sustituyendo los combustibles tradicionales por el pet-coke, un subproducto de la refinación de petróleo. Se trata de un combustible sólido con un poder calorífico inferior al fuel-oil, pero de un



Planta Paysandú - Vista general



Planta Minas - Vista cantera

costo por unidad de energía sensiblemente más bajo, que requiere de importantes inversiones en equipamiento para el almacenaje, transporte, molienda, dosificación e inyección en los hornos. Por razones de tipo operativo, de calidad del producto y de control de emisiones, este combustible sólido frecuentemente es usado conjuntamente con carbón mineral u otros combustibles alternativos o residuos de origen vegetal como la cáscara de arroz o el aserrín.

Actualmente ANCAP está elaborando proyectos de inversión tendientes a sustituir los combustibles actuales por combustibles sólidos como los indicados, que contribuirán a bajar significativamente sus costos variables de producción.

En términos de impacto ambiental, la presencia de azufre en el coque de petróleo, en porcentajes superiores a los existentes en el fuel-oil, implica además adoptar medidas y controles especiales para asegurar que las emisiones de dióxido de azufre se mantengan inferiores a los límites internacionalmente aceptados.

Los proyectos a estudio incluyen también nuevos sistemas de tratamiento de gases para el control de la emi-

sión de material particulado a la atmósfera, con el empleo de filtros electrostáticos de alta tensión que son capaces de alcanzar rendimientos superiores al 99 % y producir una carga de sólidos en gases de escape de 50 mg/Nm<sup>3</sup> (50 miligramos por metro cúbico normal de gas).

En Planta Minas se estudia en particular un anteproyecto de aumento de capacidad y cambio de tipo de proceso, con la finalidad de alcanzar un nivel de producción y costos que permita mejorar su posicionamiento en el mercado interno y regional y viabilizar acuerdos comerciales de exportación de clinker e importación de coque de petróleo con Venezuela.

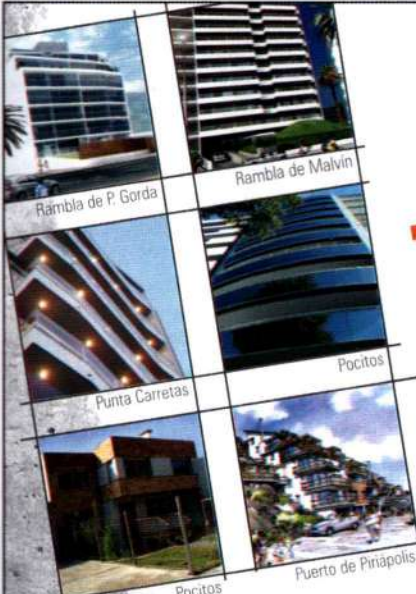
La planta de Paysandú se está preparando actualmente para realizar el montaje de la ampliación de capacidad de su horno N° 2. Este proyecto, además de aumentar la producción diaria del horno en un 50 %, ofrece una reducción del consumo específico de energía, al incorporar tecnología que permite aumentar la eficiencia térmica del proceso, automatizar la conducción del proceso y mejorar el sistema de despolvamiento de gases con una sensible contribución a los costos y a la mejora del impacto ambiental.

El desarrollo a futuro del negocio, pasa por la instalación de una nueva línea de producción, con moderna tecnología, que trae como consecuencia la eficiencia necesaria para la producción sea competitiva a nivel nacional e internacional. Estas nuevas instalaciones están necesariamente asociadas a importantes escalas de producción, la mínima escala posible es superior a las 500.000 toneladas/año.; como referencia podemos indicar que este volumen es de un orden similar al tamaño de la totalidad del mercado de cementos del Uruguay y ANCAP actualmente abastece algo menos de la mitad de este mercado.

### conclusiones

Están dadas las condiciones para el desarrollo de esta industria del cemento de ANCAP, en función de la condición de la materia prima antes expuesta; el desafío al cual se enfrenta el negocio, es lograr disponer de los altos niveles de inversión que se requieren para modernizar su equipamiento industrial y ampliar en forma importante el mercado para sus cementos, ampliación que deberá pasar necesariamente por acceder al mercado regional.





# 1 NUEVO Sitio Web

# 7 NUEVAS Propuestas

...para seguir brindando soluciones a medida y  
un servicio de atención profesional y moderno,  
propio del siglo XXI

[www.campiglia.com.uy](http://www.campiglia.com.uy)

MALVIN: Rambla esq. Colombes - 619 10 10  
3 CRUCES: Cassinoni esq. Haedo - 40 222 04  
T. NAUTICAS: Patricia Campiglia Inm. - 622 89 62



# uso directo de la energía solar para calentamiento de agua en viviendas

## II PARTE

- 12. COMENTARIOS SOBRE LOS RESULTADOS ANTERIORES
- 13. LA TEORÍA DE HUBBERT
- 14. ¿QUÉ PODEMOS HACER HOY?
- 15. CONCLUSIONES

### 12. Comentarios sobre los resultados anteriores

En los dos casos estudiados existen economías.

En el caso de un sistema activo, con una inversión inicial de U\$S 3.000 tenemos un ahorro anual de energía eléctrica, deducida la amortización, de U\$S 136.

En el caso de un sistema pasivo, con una inversión inicial de U\$S 2.250 tenemos un ahorro anual de energía eléctrica, deducida la amortización, de U\$S 33,75.

Las cifras precedentes explican la razón por la cual, en la actualidad en nuestro país, es dificultosa una generalización de los sistemas de calentamiento de agua mediante el aprovechamiento directo de la energía solar. El incentivo económico no es muy atractivo; la inversión para una familia es grande con respecto al beneficio obtenido.

¿Quién está dispuesto, en la actualidad, en nuestro país, a invertir U\$S 3.000 en un sistema activo, de funcionamiento automatizado, para obtener una economía anual de U\$S 136 (4,5 %), o invertir U\$S 2.250 en un sistema pasivo con un funcionamiento de control manual en cierto modo rudimentario, para obtener una economía anual de U\$S 33,75 (1,5 %)?

También a nivel país, es poco atractiva la inversión. Supongamos que 100.000 hogares deciden instalar un sistema activo. La inversión necesaria será igual a

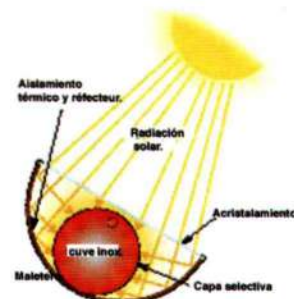
$$100.000 \times 3.000 = \text{U\$S } 300.000.000$$

y el ahorro anual correspondiente será

$$100.000 \times 136 = \text{U\$S } 13.600.000$$

Es cierto que existe un efecto muy beneficioso debido a que la energía solar es renovable y no contaminante, pero a la hora de hacer balances predominan las consideraciones económicas.

En países con habitantes de alto poder adquisitivo, mayor conciencia ecológica, o escasez de fuentes de energía fósil, existe un mayor interés en los sistemas de calentamiento de agua por aprovechamiento directo de la energía solar. Por ejemplo en Japón en el año 1992, más de 4,5 millones de viviendas usaban sistemas solares para el calenta-



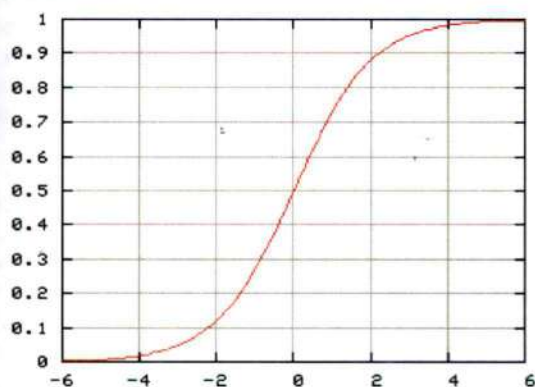
miento del agua, y en Israel el 83 % de las viviendas en el año 1992 (Ref. 11).

Sin embargo, como todo problema complejo como lo es el de la energía, los razonamientos que sólo contemplan un aspecto del problema, no contribuyen a su solución. El problema no consiste en considerar solamente si una inversión es atractiva o no. El problema es que el petróleo se agota y es necesario buscar alternativas. No podemos optar, hay que buscar una salida. Por ello es interesante dar un panorama de la actual situación en torno a la disponibilidad mundial de petróleo. La Teoría de Hubbert y sus consecuencias pueden aclararlo (Ref. 14).

### 13. La Teoría de Hubbert

El geólogo de la Shell, Dr. Marion King Hubbert, predijo en el año 1956 que la producción de petróleo de los Estados Unidos alcanzaría su pico máximo en el año 1970. También predijo que la producción mundial alcanzaría su pico en el año 1995, lo cual se retrasó en 10 o 15 años debido a los embargos petroleros de los años 70.

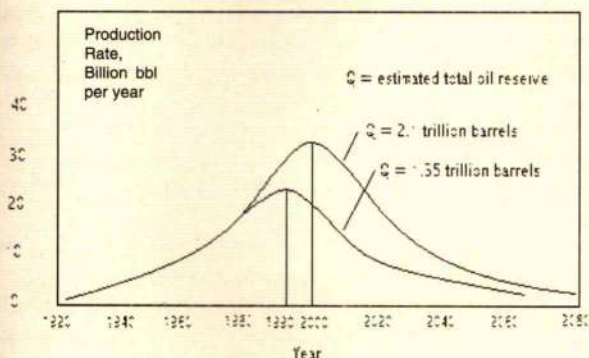
Hubbert creó un modelo matemático de la extracción de petróleo y predijo que el total acumulado de la extracción de petróleo a lo largo del tiempo seguía una curva logística. Según dicha curva, aplicable a una reserva petrolera, cuando esta es recién descubierta, la extracción es pequeña y crece lentamente durante un tiempo debido a que la infraestructura requerida aun no ha sido instalada. A medida que se van realizando más perforaciones y las facilidades funcionales aumentan, la extracción comienza a acelerarse hasta llegar a su plena producción. Llega un momento en que el volumen de la extracción ya no puede ser superado aunque se hagan más perforaciones o mejore la infraestructura. Luego de un tiempo el volumen extraído comienza a desacelerarse pues el yacimiento se va agotando. Finalmente llega un punto en el cual la energía para extraer, transportar y procesar un barril es mayor que la energía que dicho barril aporta. En ese momento el yacimiento es abandonado. Este modelo se aplica tanto a las reservas de EEUU como a las reservas mundiales.



**CURVA LOGÍSTICA**  
en abscisas: tiempo  
en ordenadas: extracción acumulada

Si en lugar de la extracción acumulada, se representa la velocidad de extracción, vale decir la pendiente de la curva logística, se obtiene una curva en forma de campana, denominada Curva de Hubbert.

Figura 1: Hubberts Curves Describing World Oil Production. Under Two Assumptions about Total World Oil Reserves. Source: M- K. Hubberts, Resources and Man.



El máximo de la curva de Hubbert se denomina cenit o pico de Hubbert.

Nota: En la figura precedente la palabra trillón se aplica con la acepción americana, en que 1 trillón equivale a 1 millón de millones.

### 13.1. Consecuencias de la Teoría de Hubbert

El gran debate que cada vez preocupa más a la humanidad es en qué año se producirá el pico de la curva de Hubbert. Algunos científicos opinan que ya lo sobrepasamos. Otros consideran que se producirá en el 2010 y otros entre los años 2020 y 2050.

Para mantener sus crecimientos, los países desarrollados incrementan año a año el consumo de petróleo, pero a partir de los años 80 el consumo anual de petróleo comenzó a superar al que se descubre cada año, y en la actualidad por cada barril que se descubre se consumen 4. La gravedad de esta situación se magnifica debido a que en la actualidad no hay recursos conocidos que sean fáciles de extraer, transportar, procesar y utilizar, capaces de sustituir al petróleo.

Al acabarse la era del petróleo barato nos dirigimos a lo que se ha denominado la edad de piedra post-industrial (post-industrial stone-age) o la era oscura (dark age). La civilización tal cual la conocemos se encamina hacia un colapso energético.

La razón por la cual somos tan dependientes del petróleo son obvias:

- la energía utilizada en la industria incluyendo la eléctrica proviene en gran parte del petróleo
- la llamada "Revolución Verde" que permitió a la agricultura a partir de los años 40 incrementar drásticamente su productividad está basada en el incremento de la mecanización, el uso de pesticidas químicos y fertilizantes, todos ellos producidos gracias al petróleo. En esta era de petróleo barato se produjo un boom demográfico. La población mundial se incrementó explosivamente de los 1.000 millones de mediados del siglo XIX, a los 6.500 millones actuales.
- todo el transporte, ya sea por tierra, agua o aire está basado fundamentalmente en el petróleo

## CANTERAS MONTEVIDEO S.A.

CALIDAD, EXCELENCIA Y CONFIABILIDAD EN  
LA PRODUCCIÓN DE AGREGADOS PÉTREOS  
PARA LA INDUSTRIA DE LA CONSTRUCCIÓN.

Camino Pavia 3112  
Tels.: (598-2) 522 0261  
(598-2) 522 0228  
Fax: (598-2) 522 0354

E-mail: [canteras@canterasmontevideo.com.uy](mailto:canteras@canterasmontevideo.com.uy)

- más de 3000 productos que son esenciales en la vida moderna son derivados del petróleo

Las consecuencias de la rápida disminución en la disponibilidad de petróleo traerá graves consecuencias a la humanidad.

- derrumbe económico, inflación, caos financiero
- desempleo crónico
- hambrunas
- problemas crecientes de salud
- guerras por los recursos energéticos

### 13.2 Sustitutos del petróleo

Todas las fuentes de energía actualmente consideradas como alternativas al petróleo tienen importantes inconvenientes. Incluso muchas de ellas son consumidoras de petróleo por lo cual muchas veces el llamado Retorno Energético de la Inversión es bajo.

Mucho se habla del aprovechamiento de la energía eólica y solar. Sin embargo su incidencia actual es insignificante en la sustitución del petróleo. En general requieren subvenciones para poder concretarse. Además la construcción de equipos para su aprovechamiento consume energía. Por ejemplo para producir 1 tonelada de cobre se necesitan 17,8 barriles de petróleo. El componente energético para producir aluminio es 20 veces mayor. Esto significa que el aumento del petróleo también encarecerá el costo de construcción de los equipos destinados a su sustitución.

Los gobiernos hablan poco de estos problemas. No es grato para un político decirle a los ciudadanos que lo votaron que el crecimiento económico ya no está más garantizado; que en lugar de recuperación salarial tendremos una reducción salarial; que serán necesarias medidas muy severas para ahorrar energía; que nos esperan épocas de mayores incomodidades, sufrimientos y sacrificios.

### 14. ¿Que podemos hacer hoy?

La necesidad de importantes inversiones son un obstáculo para la reconversión de nuestras fuentes habituales y su implementación lleva tiempo. Pero hay medidas que podemos adoptar hoy, principalmente para evitar el derroche innecesario de energía. Por ejemplo, no requiere ninguna inversión no dejar televisores y computadoras encendidos horas y horas sin que nadie los vea, apagar las luces cuando salimos de una habitación, no derrochar agua caliente, ajustar los termostatos de los calentadores de agua a 50 °C, etc., restringir el uso de automóviles particulares empleando el transporte público, etc. Para recorridos de hasta 10 o 12 km la bicicleta es una alternativa saludable y económica.

En algunos países de Europa existe una conciencia más clara sobre la necesidad de ahorrar energía. Hace algunos años tuve oportunidad de visitar en su casa a una familia suiza. Su nivel de vida era el de un hogar en que no faltaban comodidades. Por eso me sorprendió el gran cuidado que tenían los niños en apagar las luces toda vez que salían de una habitación. Les pregunté cuál era el motivo por el cual tenían tanto cuidado en ahorrar energía eléctrica, a lo cual me contestaron que, cada vez que innecesariamente dejaban encendida una luz su padre les cobraba una multa que descontaba de su mesada. Entonces le pregunté al padre cuál era el motivo de tanta rigurosidad en el ahorro de energía eléctrica. La respuesta fue esclarecedora. Me dijo que cerca de allí, una central atómica les suministraba la energía eléc-

trica, y que cada vez que desperdiciaban electricidad estaba contribuyendo a la contaminación que dicha central producía. La energía eléctrica es imprescindible para la vida moderna, pero ello de ninguna manera justifica el derroche innecesario, y la contaminación con residuos radioactivos.

### 15. Conclusiones

Para un país como el nuestro que carece de energía fósil se debería estar trabajando intensamente en sus sustitutos. Nuestro capital principal son las extensas áreas cultivables que poseemos. En el futuro el petróleo verde (oleaginosos, alcohol y leña) debería sustituir al hoy llamado oro negro.

No obstante algunas de estas soluciones deben ser analizadas en todos sus alcances. Por ejemplo, el biodiesel a partir de oleaginosos, requiere para su producción, además de extensas tierras laborables, mucha energía que actualmente proviene del petróleo barato, por lo cual en un balance energético final seguramente las ventajas son menores a las inicialmente previstas. De todas maneras para un país como el nuestro con una gran superficie apta para la agricultura y la forestación, parece ser la única solución a la vista. Pensando en el futuro deberíamos realizar hoy las inversiones necesarias para ahorrar petróleo mientras este sigue aún siendo barato.

El calentamiento de agua mediante un sistema que utiliza directamente la radiación solar ya es conveniente aunque todavía no es muy atractivo económicamente. Pero a medida que el precio del kWh se incrementa, aumentará la conveniencia de su instalación. Esto es aplicable a las localidades de baja densidad de población, que disponen de superficie suficiente para instalar los colectores solares, pero no en el centro de las ciudades.

### referencias

1. NASA Solar Radiation and Climate Experiment, <http://eobglossary.gsfc.nasa.gov>
2. NREL National Renewable Energy Laboratory, U.S. Solar Radiation Resource Maps, <http://rredc.nrel.gov>
3. E. R. LAGARMILLA "Nuestra" Energía Solar, El Día, 02.06.79
4. S. A. BOWLING "How Do Greenhouses Work?" Alaska Science Forum 20.04.87
5. R. W. WOOD "Note on the Theory of the Greenhouse"
6. J. HARRISON - T. TIEDEMAN "Solar Water Heating Options in Florida" Florida Solar Energy Center, FSEC-EN-9, May 1997
7. FSEC Florida Solar Energy Center "Solar Domestic Hot Water Collector Thermal Performance Ratings" FSEC-GP-14-81, September 2005
8. FSEC "Simplified Sizing Procedure for Solar Domestic Hot Water Systems", FSEC-GP-10-83, April 1992
9. R. ROJAS - S. GUEVARA "Diseño de sistemas de calentamiento de agua por energía solar", Red Panamericana de Información en Salud Ambiental, Set. 2001
10. C. EMRICH - D. BLOCK "Solar Hot Water Energy and Cost Savings for Typical Florida Residential Installations" FSEC FS-43-97 Feb. 1997
11. P. HEMBERGER, REPP Renewable Energy Policy Project, "An Introduction to Solar Power".
12. ENERGICENTER DANMARK, Technology - Solar Thermal in Denmark, January 22, 2002
13. TOOLBASE SERVICES "Solar Water Heating" 2001-2003
14. M. K. HUBBERT "Nuclear Energy and the Fossil Fuels" 1956

Juhani VIROLA, Eur Ing-FEANI  
Helsinki, Finlandia

# Los puentes atirantados de mayor vano del mundo

En algunos años China tendrá tres puentes atirantados del récord de mundo, cada uno que excede el límite del vano de 1 kilómetro. En 2005, el Sutong (vano 1088m) y Stonecutters (1018 m) puentes están bajo construcción, mientras que el puente de Chongming (1200 m) está bajo diseño.

*In a few years China will have three world record cable-stayed bridges, each exceeding the 1 km span limit. In 2005, the Sutong (span 1088 m) and Stonecutters (1018 m) Bridges are under construction, while the Chongming Bridge (1200 m) is under design.*



Fig. 1: El puente de Stonecutters, vano 1018 m, puente del récord de mundo por un rato en 2008.  
Foto: Dissing + Weitling Architects.

EN EL CASO DE LOS PUENTES ATIRANTADOS, CHINA SE SITÚA COMO LÍDER MUNDIAL EN CUANTO A LONGITUD. ASÍ LO DEMUESTRA EL PUENTE DE STONECUTTERS (FIG. 1), QUE SERÁ EL PRIMERO EN SUPERAR LA BARRERA DEL KILÓMETRO. EXACTAMENTE, LA LONGITUD DE VANO ES DE 1018 METROS. ÉSTA OBRA SE ABRIRÁ AL TRÁFICO EN 2008, REF. [1].

Sin embargo, pocos meses después, su marca será superada por el Puente

de Sutong (Fig. 2), también construido en China y que cuenta con un presupuesto de 380 millones de dólares, una longitud total de 7,6 kilómetros y torres de 300 metros de altura. Cuando finalicen sus obras, en 2009, poseerá el vano más largo del mundo, con 1088 metros de longitud. Pero también estas cifras serán sobrepasadas en tan sólo unos años, Ref. [2] & [3].

En Shanghai, el Puente Chongming

(Fig. 3), que actualmente se encuentra en fase de diseño, alcanzará los 1200 metros, Ref. [4].

## referencias

- [1] "Foundation course - Construction of the huge pile caps for the new Stonecutters Bridge in Hong Kong are under way". Bridge Design & Engineering 2005:1, p. 27.
- [2] MAIO Jiawu et al: "Global analysis

of the SuTong cable-stayed bridge". Report, IABSE Conference in New Delhi, Febr.2005, p. 343-348.

- [3] Juhani VIROLA: "The Sutong Bridge - world's longest-span cable-stayed bridge" (in English, Finnish summary). Rakennusinsinööri ja -arkkitehti RIA 2003:5, p. 54-55.
- [4] PAN Long et al: "Proposed bridge in Shanghai Chongming rivercrossing project". Report, IABSE Symposium in Shanghai, Sept.2004, p. 96-97.
- [5] Web pages of the Helsinki University of Technology (HUT): [www.hut.fi/Units/Bridge/longspan.html](http://www.hut.fi/Units/Bridge/longspan.html)

TABLA: LOS PUENTES ATIRANTADOS DE MAYOR VANO DEL MUNDO, Ref. [5]

| Nº | Puente            | Vano   | Lugar                   | Año  |
|----|-------------------|--------|-------------------------|------|
| 1  | Sutong            | 1088 m | Suzhou-Nantong, China   | 2009 |
| 2  | Stonecutters      | 1018 m | Hong Kong, China        | 2008 |
| 3  | Tatara            | 890 m  | Onomichi-Imabari, Japón | 1999 |
| 4  | Pont de Normandie | 856 m  | Le Havre, Francia       | 1995 |
| 5  | Incheon-2         | 800 m  | Incheon-Songdo, Corea   | 2009 |
| 6  | Nanjing-3         | 648 m  | Nanjing, China          | 2007 |
| 7  | Nanjing-2         | 628 m  | Nanjing, China          | 2001 |
| 8  | Baishazhou        | 618 m  | Wuhan, China            | 2000 |
| 9  | Qingzhou          | 605 m  | Fuzhou, China           | 2003 |
| 10 | Yangpu            | 602 m  | Shanghai, China         | 1993 |



Imagen 2: El puente de Sutong, vano 1088 m, puente del récord de mundo en 2009. Foto: Jiangsu Provincial Government



Imagen 3: El puente de Chongming, vano 1200 m, puente del récord de mundo en el futuro, bajo diseño en 2005. Foto: Shanghai Municipal Authority

### selección de artículos

- [1] "The proposed Akashi Straits Bridge, Japan, compared with other great suspension bridges" (in English). Acier-Stahl-Steel 1967:3, p. 113-116. The article was published also in Finnish, French, German, Italian, and Spanish.
- [2] "Three long-span suspension bridges under discussion" (in English, summary in French, German, Italian and Spanish). International Construction, Sept.1967, p. 34 & 36-37.
- [3] "World's greatest suspension bridges before 1970" (in English). Acier-Stahl-Steel 1968:3, p. 121-128. Published also in Finnish, French, German, Italian, and Spanish.
- [4] "The world's greatest bridges" (in English). Civil Engineering ASCE, Oct.1968, p. 52-55. Published also, partly or totally, in alphabetical order: in Arabic, Chinese, Finnish, French, German, Greek, Hebrew, Hindi, Italian, Japanese, Polish, Portuguese, Russian, Serbian, Spanish, and Swedish.
- [5] "The world's greatest cantilever bridges" (in English). Acier-Stahl-Steel 1969:4, p. 164-170.
- Published also in Finnish, French, German, Italian, and Spanish.
- [6] "The New Lauttasaari Bridge, Finland" (in English). Acier-Stahl-Steel 1970:3, p. 103-109. Published also in French, German, Italian, and Spanish.
- [7] "Little Belt Bridge -a description of Scandinavia's longest suspension bridge, due for completion by next autumn" (in English). British Engineer, March 1970, p. 13-16 & 21. Published also in Finnish.
- [8] "Great highway and railway bridge across the Yangtse River at Nanjing, China" (in English). Journal

- of the East African Institution of Engineers 1970:4, p. 114 & 117-121. Published also in Finnish.
- [9] "The world's greatest steel arch bridges" (in English). *International Civil Engineering*, Vol.2, No.5, 1971/72, p. 209-224. Published also in Finnish.
- [10] "I più grandi ponti esistenti nel mondo agli inizi degli anni '70" (in Italian). *Strade e Traffico*, Marzo 1972, p. 25-36.
- [11] "The Pohja Bay Bridges at Tam-misaari, Finland" (in English), in collaboration with Pekka Haakana. *Acier-Stahl-Steel* 1972:6, p. 276-284. Published also in Finnish, French, German, Italian, and Spanish.
- [12] "Los puentes mas grandes del mundo a principios de los años 1970" (in Spanish). *Revista de Ingenieros Provincia de Buenos Aires*, Junio 1972, p. 7-22.
- [13] "1970 nendai shoki ni okeru sekai chodai kyoryo" (in Japanese). *Journal of the Society of Steel Construction of Japan* 1972:9, p. 9-18.
- [14] "Aazam el-kabari el-aalamia fi awael el-sabeenat" (in Arabic). *Arab Roads* 1973, Jan/Febr/March, 8 p., Apr/May/June, 5 p. & July/Aug/Sept, 4 p.
- [15] "Is shati ke athaven dashak ke arambha tak bane sansar ke bare-bare pul" (in Hindi) *Journal of the Institution of Engineers (India)*, Apr.1973, p. 61-74.
- [16] "As maiores pontes do mundo no começo de década de 1970" (in Portuguese). *Revista Oficial do Sindicato Nacional dos Constructores Civis da Província de Moçambique*, Out-Nov-Dez/1973, p. 17-34.
- [17] "Future aspects of bridge construction" (in English), in collaboration with Jan Sulkiewicz. *International Civil Engineering* 1974:2, p. 64-76. Published also in Chinese, Finnish, German, Hindi, and Spanish.
- [18] "World's largest cable-stayed bridges" (in English). *Highways and Roads Construction*, March 1974, p. 8-10. Published also in Finnish.
- [19] "Hochtunnel, Zukunftsaussichten des Brückenbaus" (in German), in collaboration with Jan Sulkiewicz. *Der Deutsche Baumeister* 1974:10, p. 704-707
- [20] "Observations on factors affecting the strength of concrete in massive columns" (in English). *The Civil Engineering Contractor*, March 1976, p. 19, 21, 23 & 25. Published also in Finnish.
- [21] "The calibration station for large-scale water meters of the Helsinki City Waterworks - a mathematical solution to the basic head-discharge equation for a V-notch sharp-crested weir" (in Finnish, English summary), in collaboration with Timo Tilli. *Vesitalous* 1984:1, p. 16-22.
- [22] "Links and strait crossings having international importance" (in English), in collaboration with Prof. Aarne Jutila of the Helsinki University of Technology. *Memorandum* 1991-11-15, 30 p., for the dispute concerning the passage through the Great Belt. This Memorandum was partly included in the publication "International Court of Justice, Passage through the Great Belt, Finland vs. Denmark. Memorial of the Government of the Republic of Finland" (in English), Dec.1991, 2 Vol., 190 + 300 p.
- [23] "Notable bridges in the world and in Finland". *Tierakennusmestari* 1995:2, p. 85-104 & 1995:3, p. 75-85 (original Finnish, a limited number of reprints available in English, 66 pic.). Published also, partly or totally, in alphabetical order: in Afrikaans, Albanian, Arabic, Bulgarian, Chinese, Croatian, Czech, Danish, Dutch, English, Estonian, Flemish, French, Georgian, German, Greek, Hungarian, Indonesian, Ingrian, Irish, Italian, Korean, Kyrgyz, Latvian, Lithuanian, Macedonian, Portuguese, Romanian, Russian, Serbian, Slovak, Somali, Spanish, Swedish, Tajik, Thai, Turkish, Ukrainian, Urdu, and Vietnamese.
- [24] "Notable concrete bridges in the world" (in English). *Zement + Beton* 1996:4, p. 6-10. Published also in Chinese, Croatian, Finnish, and Swedish.
- [25] "Long-span concrete arch and stone arch bridges" (in English, Finnish summary), in collaboration with Prof. DING Dajun of the Nanjing Institute of Technology. *Rakennusinsinööri ja -arkkitehti RIA* 1996:6, p. 26-28.
- [26] "The Great Belt Suspension Bridge" (in English, Finnish summary). *Rakennusinsinööri ja -arkkitehti RIA* 1997:5, p. 22-26. Published also in Finnish.

- **Licenciatura en Informática**
- **Ingeniería en Informática**
- **Ingeniería en Electrónica\***
- **Ingeniería en Telecomunicación**
- **Ingeniería en Sistemas Eléctricos de Potencia**
- **Ingeniería Industrial**

\*Carrera que obtuvo la Acreditación Mercosur. Con esta distinción se reconoce la calidad de sus programas académicos, docentes e infraestructura en el Mercosur, Bolivia y Chile.

## Facultad de Ingeniería y Tecnologías



**Universidad  
Católica**

DAMAZO A. LARRANAGA • URGUAY

Avenida 8 de Octubre 2738  
Tel.: 487 27 17 ints. 212 y 213  
Fax: 487 2842  
secing@ucu.edu.uy  
www.ucu.edu.uy

- [27] "I sredi mostov jest' korolni" (in Russian). *Avtomobil'nye Dorogi* 1998:3, p. 12-15 & 1998:4, p. 22-23.
- [28] "Les ponts les plus remarquables dans le monde" (in French). *Bulletin de l'Association Routière Algérienne ARAL*, No. 07 (Mai 1998), p. 5-7.
- [29] "The Akashi-Kaikyo Bridge - millennium's greatest bridge" (in English). *Rakennusinsinööri ja -arkkitehti RIA* 1999:1, p. 26-30. Published also, partly or totally: in Croatian, Estonian, Finnish, Icelandic, Italian, Indonesian, Malaysian, Portuguese, Romanian, Slovenian, Spanish, Vietnamese.
- [30] "The Tatara Bridge - world's leading cable-stayed bridge" (in English, Finnish summary). *Rakennusinsinööri ja -arkkitehti RIA* 1999:2, p. 22-26. Published also in Finnish.
- [31] "Shijie he Fenlan de zhuming qiaoliang" (in Chinese, 13 profiles + 79 pic.). *Guowai Qiaoliang* 1999:2, p. 1-26.
- [32] "The Kurushima-Kaikyo Bridge - a unique triple suspension bridge" (in English, Finnish summary). *Rakennusinsinööri ja -arkkitehti RIA* 1999:3, p. 38-41. Published also in Finnish.
- [33] "Recent extra-large arch bridges in China" (in English, Finnish summary), in collaboration with Prof. DING Dajun of the Nanjing Institute of Technology. *Rakennusinsinööri ja -arkkitehti RIA* 2000:2, p. 14-16. Published also in Estonian.
- [34] "Notable bridges in the world - The Oresund Bridge" (in English), in collaboration with Tim Larsen. *Dansk Vejtidskrift* 2000:7-8, p. 18-20. Published also in Estonian.
- [35] "The Runyang South Bridge - 3rd longest span in the world" (in English). *Rakennusinsinööri ja -arkkitehti RIA* 2001:2, p. 30-32. Published also in Estonian, Finnish, Korean, and Malaysian.
- [36] "Long-span cable-supported bridges" (in English). *The Bridge & Structural Engineer* 2001:2, p. 1-44.
- [37] "Sami saldi fuomasuvvon olgoriikkas" (in Saami), in collaboration with Jouni Kitti. *Assu* 2001-12-28, p. 1 & 12-13. Published also in Finnish.
- [38] "Two long-span suspension bridges of the past and new millennia" (in English). *The Bridge & Structural Engineer* 2002:3, p. 29-43.
- [39] "Three Tacoma Narrows Bridges" (in English, Finnish summary). *Rakennusinsinööri ja -arkkitehti RIA* 2002:6, p. 76-80. Published also in Estonian, Finnish, and Romanian.
- [40] "The Lupu Bridge - world's longest steel arch span" (in English, Finnish summary). *Rakennusinsinööri ja -arkkitehti RIA* 2003:1, p. 64-65. Published also in Estonian, Finnish, and Romanian.
- [41] "The Sutong Bridge - world's longest-span cable-stayed bridge". *Rakennusinsinööri ja -arkkitehti RIA* 2003:5, p. 54-55. Published also in Czech, Estonian, Finnish, French, Hungarian, Malaysian, Romanian, Serbian, and Spanish.
- [42] "World's longest-span prestressed concrete girder bridge - The Shibanye Bridge" (in English, Finnish summary). *Rakennusinsinööri ja -arkkitehti RIA* 2004:4, p. 68-69. Published also in Estonian and Finnish.
- [43] "Two long-span steel arch bridges for railway traffic" (in English, Finnish summary). *Rakennusinsinööri ja -arkkitehti RIA* 2005:1, p. 62-63. Published also in Estonian, Finnish and Norwegian..

*Juhani Virola born in 1941, married in 1967, 1 child.*

*B.Sc. in Civil Engineering (B.S.C.E.), Tampere Institute of Technology, Tampere, Finland, 1967.*

*Eur Ing-FEANI, 1988 (FEANI = Fédération Européenne d'Associations Nationales d'Ingénieurs).*

*Main interest: long-span bridges.*

*Written articles on bridges for various technical journals and newspapers worldwide, published this far in 76 countries, in 51 languages (in alphabetical order): Afrikaans, Albanian, Arabic, Bulgarian, Chinese, Croatian, Czech, Danish, Dutch, English, Estonian, Finnish, Flemish, French, Georgian, German, Greek, Hebrew, Hindi, Hungarian, Icelandic, Indonesian, Ingrian, Irish, Italian, Japanese, Korean, Kyrgyz, Latvian, Lithuanian, Macedonian, Malaysian, Norwegian, Polish, Portuguese, Romanian, Russian, Saami, Serbian, Serbocroatian, Slovak, Slovenian, Somali, Spanish, Swedish, Tajik, Thai, Turkish, Ukrainian, Urdu, Vietnamese.*

*Translations/ abstracts already available in 7 languages, not yet published, awaiting to be published: Armenian, Bemba (in Zambia), Burmese (in Myanmar), Dari (in Afghanistan), Farsi (in Iran), Khmer (in Cambodia), Samoan.*

*Any technical contacts in those countries, highly appreciated.*

*A complete list of all articles, >400 items, in link: <http://koti.kontu.la/jvirola/jv-art.rtf>*

*Contributor to original Guinness Book of Records, since 1974.*

*Please refer also to the Marquis Who's Who in the World 2001, p. 2292: [www.marquiswhoswho.com](http://www.marquiswhoswho.com) and to the website of the Helsinki University of Technology (HUT): [www.hut.fi/Units/Bridge/longspan.html](http://www.hut.fi/Units/Bridge/longspan.html)*

# Oliver Heaviside

## teoría versus práctica

OLIVER HEAVISIDE (1850-1925) NACIÓ EN LONDRES Y DE JOVEN TRABAJÓ COMO OPERADOR DEL TELÉGRAFO. AUNQUE NUNCA RECIBIÓ UNA EDUCACIÓN UNIVERSITARIA, COMO AUTODIDACTA ADQUIRIÓ Y DESARROLLÓ LOS FUNDAMENTOS MATEMÁTICOS QUE LE PERMITIERON LOGRAR GRANDES AVANCES CIENTÍFICOS. A LOS 24 AÑOS SIN MEDIOS PARA VIVIR DEJÓ SU TRABAJO PARA DEDICARSE TOTALMENTE AL ESTUDIO. SU FAMILIA LO SOSTUVO.

Entre sus logros pueden mencionarse el desarrollo de la base teórica de la telegrafía por cable a grandes distancias con la solución al problema de la distorsión de las señales, la utilización del concepto de vector para simplificar las ecuaciones de Maxwell que adquirieron así una sencillez notable, la predicción de una capa conductora en la atmósfera que permite la propagación de las ondas de radio siguiendo la curvatura de la tierra, etc.

Heaviside mantuvo ásperas disputas con sus contemporáneos sobre temas técnicos, especialmente con William Preece, experto técnico de la Oficina Postal Británica que manejaba el tráfico telegráfico y telefónico. Preece se autodenominaba "hombre práctico"



y no tenía ningún respeto por los desarrollos teóricos, los cuales consideraba como una manera de enmascarar la realidad con fórmulas matemáticas. Debido al poder que Preece ejercía desde su puesto en la Oficina Postal, nin-

guna de las ideas de Heaviside fueron tenidas en cuenta. Como consecuencia, muchas de ellas fueron patentadas en Estados Unidos. Inglaterra se atrasó en el desarrollo de las comunicaciones hasta que finalmente tuvo que pagar regalías a Estados Unidos para aplicar las ideas que había producido el propio Heaviside.

En este ejemplo de controversia de lo práctico versus lo teórico advertimos lo errónea y costosa que es esta falsa oposición.

Sucede con cierta frecuencia que, personas que carecen de una formación formal y que no han tenido contacto con los fundamentos teóricos de una disciplina, manifiestan cierto desprecio hacia la aplicación de la teoría. Lo expresan en una frase que muchos hemos escuchado: "la práctica es superior a la teoría."

En última instancia, todo conocimiento tiene como objetivo lograr una mayor efectividad práctica. Como dijera un destacado colega hace muchos años: "Si la práctica difiere de la teoría, es que no hemos sido suficientemente teóricos."

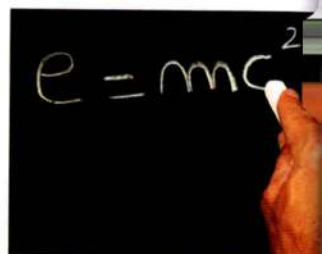
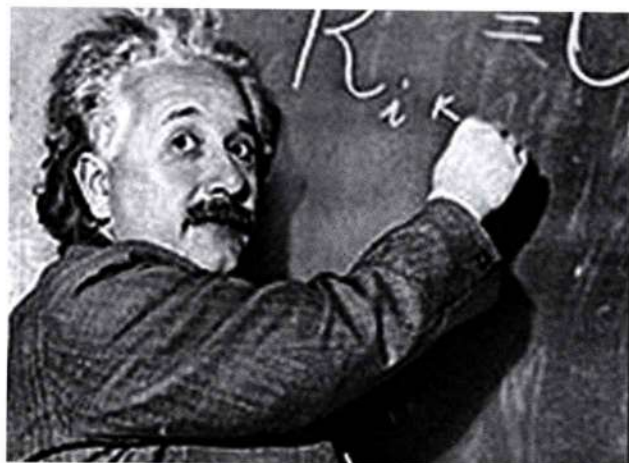


# TEYMA



# Albert Einstein

## frases y pensamientos



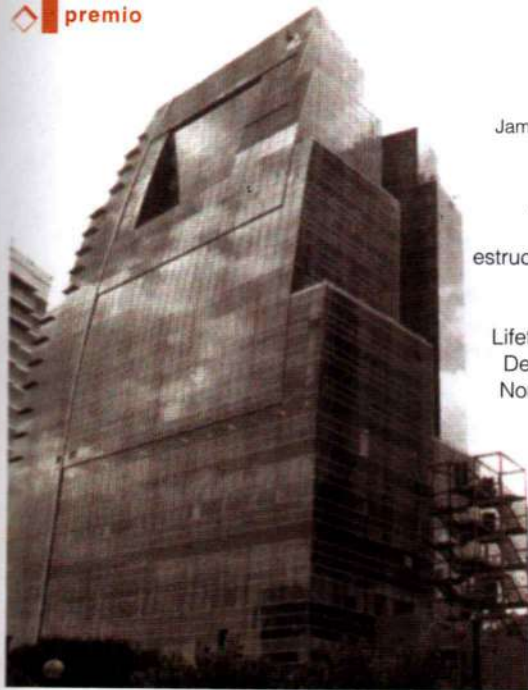
EL AÑO 2005 FUE DECLARADO AÑO MUNDIAL DE LA FÍSICA POR LA UNESCO EN CONMEMORACIÓN DE LOS 100 AÑOS DEL "AÑO MILAGROSO" EN QUE ALBERT EINSTEIN PUBLICÓ 4 IMPORTANTES TRABAJOS QUE MODIFICARON LA COMPRENSIÓN QUE TIENE EL HOMBRE DE LA ESTRUCTURA DEL UNIVERSO.

Einstein visitó nuestro país durante una semana, en el año 1926 cuando ya era famoso, y dictó conferencias en la Facultad de Ingeniería.

Más que sus logros científicos, queremos recordar aquí algunas de las frases y pensamientos de Einstein, en los que podemos apreciar su personalidad y su sentido del humor.

- "Lo único realmente valioso es la intuición."
- "Lo importante es no dejar de hacerse preguntas."
- "La Ciencia es una tentativa en el sentido de lograr que la caótica diversidad de nuestras experiencias sensoriales corresponda a un sistema de pensamiento lógicamente ordenado."
- "Si perdemos el sentido del misterio, la vida no es más que una vela apagada."
- "La energía no se crea, siempre existe, y no se destruye, solamente se transforma por medio del pensamiento o voluntad de quien la maneja."
- "Todo debe simplificarse hasta donde sea posible, pero nada más."
- "Muchas son las cátedras universitarias, pero escasos los maestros sabios y nobles. Muchas y grandes son las aulas, más no abundan los jóvenes con verdadera sed de verdad y justicia."
- "Una universidad es un lugar donde la universalidad del espíritu humano se manifiesta."
- "La ciencia no es más que un refinamiento del pensamiento cotidiano."

- "La imaginación es más importante que el conocimiento."
- "La realidad es simplemente una ilusión, aunque muy persistente."
- "Mi ideal político es el democrático. Todo el mundo debe ser respetado como persona y nadie debe ser divinizado."
- "Un hombre debe buscar lo que es y no lo que cree que debería ser."
- "El mundo no está amenazado por las malas personas sino por aquellos que permiten la maldad."
- "El derecho de todo hombre es escuchar su conciencia y actuar según esta se lo dicte."
- "Nunca pienso en el futuro. Este llega lo suficientemente rápido."
- "El telégrafo sin hilos no es difícil de comprender. El telégrafo ordinario es como un gato muy largo. Pones la cola en Nueva York y el gato maúlla en Los Ángeles. El telégrafo sin hilos es lo mismo pero sin el gato."
- "Vemos la luz del atardecer anaranjada y violeta porque llega demasiado cansada de luchar contra el espacio y el tiempo."
- "En mis teorías situo un reloj en cada punto del espacio, pero en la vida real apenas puedo permitirme el lujo de comprarme uno para mi casa."
- "Si tu intención es describir la verdad, hazlo con sencillez y la elegancia déjasela al sastre."
- "No entiendes realmente algo a menos que seas capaz de explicárselo a tu abuela."
- "Lo único que interfiere con mi aprendizaje es mi educación."
- "Si alguien viviese como yo, las novelas románticas no habrían existido nunca."
- "Pon tu mano en un horno caliente durante un minuto y te parecerá una hora. Siéntate junto a una chica preciosa durante una hora y te parecerá un minuto. ESO es la relatividad. La gravitación no puede ser la causa de que la gente se enamore."
- "¡Triste época la nuestra! Es más fácil desintegrar un átomo que un prejuicio."
- "Después de las bombas que destruyeron Japón, Einstein reflexionó: *"Si hubiera sabido esto, me habría dedicado a la relojería"*.
- "No sé cómo será la III Guerra Mundial, pero sí la IV... con piedras y palos."



James M. Fisher PH. D., P.E

# ¡Diseño!

James Fisher recibió el Premio J. Lloyd Kimbrough 2006, el más alto honor que otorga el American Institute of Steel Construction (AISC) a diseñadores de estructuras. El Premio se otorga a aquellos que han sido reconocidos universalmente como diseñadores eminentes de estructuras de acero. Fisher ha recibido previamente el Premio de Conferencista T.R. Higgins (1984) y el Premio AISC Lifetime Achievement Award (2000). Fisher es Principal en Computerized Structural Design, Milwaukee. Jim Fisher ofreció una Conferencia Especial en la Convención Norteamericana de la Construcción en Acero 2006, presentando su punto de vista acerca de cómo ser un mejor profesional en la práctica del diseño estructural.

Jim Wooten, ingeniero y filósofo part-time de AFSCO Steel en Little Rock, Ark., dijo una vez: "La forma en que diseñamos es similar al modo que empleamos para pesar cerdos en Arkansas". Su analogía puede ser parafraseada de este modo: En Arkansas, se unen sendas canastas a ambos extremos de una barra y luego se balancea ésta sobre un leño. Una vez hecho esto se coloca el cerdo en una canasta y se llena la otra con piedras hasta alcanzar el perfecto equilibrio. Luego se estima el peso de las piedras.

Quizás Wooten ilustraba la parte "artística" del diseño. El diseño no debe involucrar adivinanzas, aunque a veces debemos emplear "adivanzas educadas".

## ¿Cómo podemos lograr los ingenieros diseños exitosos en acero estructural?

Diseño, como se lo define en el *Diccionario de Arquitectura y Construcción* es "Desarrollar un plano para un edificio". Nuestro trabajo como ingenieros proyectistas es producir documentos para la construcción, planos y especificaciones. Muchos ingenieros enfatizan equivocadamente el análisis estructural y los cálculos, éstos son solamente un medio para alcanzar el objetivo: un proyecto.

Diseño no consiste en solamente en cálculo ni en documentos para construir; preferiblemente, consiste en una síntesis de técnicas empleadas para comunicar un concepto que los constructores llevan a la realidad. El Manual del American Institute of Steel Construction (AISC) se denominaba Manual de la Construcción en Acero, y no "Manual del Diseño en Acero". La especificación AISC se llama Especificación para Edificios de Acero Estructural, y no "Especificación para el Diseño de Edificios de Acero Estructural".

**EL DISEÑO EN INGENIERÍA NO ES PURAMENTE CIENCIA. COMO SABEMOS, LA INGENIERÍA TAMBIÉN ES UN ARTE. EL ARTE DE DISEÑAR QUE ES DIFÍCIL DE CUANTIFICAR Y MODELAR.**

## ¿Qué es un diseño exitoso?

La respuesta varía de acuerdo a quién se le haya hecho la pregunta. Por ejemplo:

- **Para el Propietario del Edificio**, un buen diseño es aquél en el cual el edificio cumple con su función, no tiene filtraciones, ni fisuras en las losas, y su costo final de construcción ha resultado inferior al presupuesto.
- **Para el Joven Ingeniero**, un buen diseño representa usualmente haber alcanzado el peso estructural mínimo compatible con las cargas; en otras palabras, un edificio con buena ingeniería.
- **Para el Ingeniero Experimentado**, un buen diseño es el del edificio que satisface al propietario, y cuya documentación provocó poca o ninguna confusión durante y después de la construcción.
- **Para el Propietario de la Empresa Constructora**, un buen diseño es aquél con el cual el Cliente quedó satisfecho, y pagó sin demoras, e hizo ganar dinero a su empresa con el proyecto.

Como Proyectista de Estructuras de Acero, usted es parte de un equipo: El equipo de los ingenieros, proyectistas, fabricantes, montadores y proveedores de materiales. Un diseño exitoso es aquél que satisface a los miembros de ese equipo y al propie-

Intendencia Municipal de Montevideo  
Desarrollo Ambiental



Montevideo  
de Todos

## Montevideo en primer lugar

- En 1854 Primera Ciudad Capital de Iberoamérica en tener servicio de saneamiento público.
- En 2006 Primera en conseguir una línea de crédito con el BID a 16 años para invertir en obras de saneamiento.
- En 2012 Será la primera en tener disposición final adecuada para el 100 % de su red de saneamiento a través del PSU IV.
- En 2022 Será la primera con 100% de su área urbana saneada.

tario. Esto ocurre generalmente cuando todos los miembros del equipo obtienen ganancias, y el propietario del edificio cree que él o ella pagó un precio conveniente por la estructura.

Un diseño exitoso solamente se puede alcanzar con documentación de calidad y con la cooperación entre los miembros del equipo.

**EL DISEÑO NO ES EXITOSO HASTA QUE LA CONSTRUCCIÓN ESTÁ CONCLUIDA Y LA ESTRUCTURA FUNCIONA CORRECTAMENTE. LOGRANDO DISEÑOS EXITOSOS**

Los ingenieros deben formularse las preguntas correctas relativas a rigidez, resistencia, estabilidad y constructibilidad para arribar a un diseño exitoso. No existe una lista de chequeo o reglas o preguntas que alguien pueda hacerse y responder para declarar que su diseño es perfecto, seguro y exitoso.

Diseño y construcción van juntos como socios en una carrera. Ambos son entidades individuales, pero solamente ganan la carrera actuando coordinadamente. Como lo menciona anteriormente, como diseñador de un edificio de acero usted es parte de un equipo. Este equipo tiene relaciones contractuales mutuas, y es el equipo quien puede dar la máxima ayuda a cada uno de sus integrantes. Esto requiere respeto mutuo, que es algo que escasea en nuestro mundo controversial.

El ámbito contractual en el que diseñamos en los Estados Unidos, significando diseñar y luego cotizar la estructura, pone frecuentemente una barrera entre diseñadores y contratistas. Los proyectos del tipo diseño-construcción eliminan la mayoría de esas barreras. Sin embargo, diseñadores y contratistas, aún en el ambiente diseño-posterior cotización, deben trabajar juntos para alcanzar un diseño exitoso.

Creo que los siguientes comentarios y lecciones ayudarán para obtener diseños exitosos.

**¿Qué hará usted cuando le encomienden un proyecto por primera vez?**

Esta pregunta me fue formulada por primera vez por mi comandante de compañía cuando era segundo teniente en el Cuerpo de Ingenieros del Ejército Estadounidense. Mi respuesta fue que reuniría a mis líderes de equipo, conversaría sobre el proyecto, y luego repartiría las tareas. "Error. La primera cosa que usted hace es ir a la cafetería, tomar una taza de café, y meditar acerca de la asignación."

**"NO SERÁ HASTA QUE USTED HAYA PENSADO CUIDADOSAMENTE ACERCA DEL PROYECTO QUE COMIENCE A TRABAJAR EN EL DISEÑO"**

Es difícil para mí seguir este consejo pues, como saben mis colegas, soy un clásico tipo "A" y quiero poner las cosas

en movimiento. Cuando no sigo este consejo, mi diseño, en algún punto, generalmente se torna confuso.

**EL ÉXITO DE CUALQUIER DISEÑO DEPENDE DE LA COMUNICACIÓN. RECUERDE SIEMPRE QUE LOS CONCEPTOS DEL DISEÑO SON COMUNICADOS A TRAVÉS DE PLANOS Y DETALLES DE LAS ESTRUCTURAS.**

**Considere el problema global**

Una segunda lección que aprendí tempranamente en mi carrera de diseñador es la de pensar en la situación del proyecto como un todo. El "todo" para un diseño exitoso es la comprensión de las necesidades de sus clientes y, como ya fue mencionado, la comprensión de las necesidades de los otros miembros del equipo.

Cuando joven, quería impresionar con mi talento de ingeniero, es así que me dirigí a la oficina de ingeniería de una importante siderurgia para informarle el modo por el cual mi diseño estructural de sus aceras le haría ahorrar miles de dólares por proyecto. Por esos días, esa compañía en particular desarrollaba por sí misma la ingeniería estructural de sus aceras.

Informé al vicepresidente de ingeniería que si es que cambiaba su concepto de diseño, que empleaba columnas empotradas-libres, y en lugar de eso utilizaba un plano de arriostamiento reticulado a nivel inferior de las cabriadas, muchos dólares se ahorrarían en acero de columnas y en fundaciones pues las grandes cargas laterales de los puentes grúa se distribuirían más eficientemente a través de la estructura.

Luego de escuchar mi explicación, el vicepresidente de ingeniería preguntó, "¿Cuánto le tomará diseñar el arriostamiento horizontal para cada nave del edificio?"

"Alrededor de una semana", repuse, "para realizar el dimensionamiento y diseñar las uniones" (agrego que hoy me llevaría más tiempo pues emplearía la computadora).

"¿Cuánto le tomará a sus dibujantes dibujar los planos de ingeniería?"

"Unas dos semanas", respondí.

"¿Cuánto piensa que tomará para ejecutar los planos de fabricación y montaje?"

"No lo sé exactamente", contesté, "probablemente un par de semanas".

"¿Cuánto piensa que necesitará el fabricante para fabricar la totalidad de los arriostamientos horizontales?"

"No lo sé realmente", repuse, "pero estoy seguro que pocas semanas."

"¿Y cuánto piensa usted que empleará el montador para instalar este arriostamiento (que se encuentra aproximadamente a 24 metros de altura)?"

"No sé, seguramente varias semanas".

El vicepresidente me dijo, luego de sumar los tiempos, "En-

**Pasá por alguno de nuestros locales y conseguí**

**el celular que siempre quisiste tener.**



**Cellular Center**

**903 3333**

Rondeau y Paysandú

Inju: 18 de Julio 1865 ● 402 5753 / Planeta Outlet: Rivera 2348 - L. 39 ● 402 2074  
Paso Molino: Agraciada 4265 ● 309 1710 / Pocitos: Pablo Galarza 3541 ● 622 9909  
Tres Cruces: Victor Haedo 2360 - L.07 ● 400 6560



tonces tomará aproximadamente nueve semanas tener instalado el arriostrado. Jim, tenemos un presupuesto de 3.5 millones de dólares por esta acería. Su sistema salvador reticulado horizontal costará aproximadamente 6 millones de dólares en intereses, más varios millones por la demora en la puesta en marcha de la acería, y esto no incluye el costo del proyecto del arriostramiento, sus materiales, fabricación ni montaje. ¿Ahorrára su arriostramiento tanto acero y hormigón?”.

No hace falta aclarar que el arriostramiento horizontal no se usó en el proyecto.

La consideración del problema global significa que usted debe escuchar a su cliente y pensar acerca de sus necesidades.

### PIENSE DESDE EL PRINCIPIO EN LA CONSTRUCTIBILIDAD

La constructibilidad está definida por el Instituto de la Industria de la Construcción (Construction Industry Institute) como “el empleo óptimo del conocimiento y experiencia de construcción en la planificación, diseño, compra y aspectos operativos de campo destinado a alcanzar los objetivos globales del proyecto”. Lo que esto significa realmente para mí es: “¿puede la estructura ser construida en forma segura con relativa facilidad y velocidad?”. La lista de las consideraciones que impone la constructibilidad es extensa, a continuación indicamos algunos puntos de importancia:

- Minimice el número de bulones de anclaje por columna.
- Projete los arriostramientos permanentes de modo tal que también puedan ser usados como temporarios.
- Asegúrese de que todas las vigas puedan montarse sin interferencias y sin tener que apartar las columnas.
- Asegure que su diseño sea ajustable. Considere las tolerancias de laminación y fabricación empleando suplementos ya agujeros de mayor diámetro o alargados cuando se requieran.
- Verifique que las tolerancias no se acumulen en forma desfavorable causando problemas de montaje.
- Verifique que las tolerancias permitidas cumplan con su expectativa respecto del producto final.
- Asegúrese de que haya acceso adecuado para soldar y atornillar.
- Verifique que las vigas no tengan que ser cortadas malamente, por ejemplo apoyando vigas de altura mayor que las de sus vigas de apoyo.
- Elimine la soldadura sobre cabeza.
- Produzca especificaciones realistas que sean consistentes con su intención real y requerimientos de diseño.
- Emplee materiales que estén rápidamente disponibles.
- Minimice la cantidad de material desperdiciado en sus detalles.
- Diseñe uniones sencillas que puedan ejecutarse sin ayuda de elementos temporarios.
- Verifique diferencias de contraflechado en miembros adyacentes.
- Asegúrese que las barras tengan ancho suficiente para recibir elementos que apoyan sobre ellas.
- Diseñe las ménsulas apoyadas sobre las columnas cuando sea posible para hacer más seguro el montaje.
- Haga que todo el steel deck tenga su sentido resistente en la misma dirección.
- Evite el empleo de columnas empotradas en bases de hormigón.

- EVITE LAS UNIONES CON FLEXIÓN EN LA DIRECCIÓN DEL EJE DÉBIL DE LAS COLUMNAS
- Especifique el empleo de acero estructural expuesto según las reglas AESS (Architecturally Exposed Structural Steel) juiciosamente. Solamente porque el acero estructural que de expuesto, no significa que deba cumplir con las estrictas reglas asociadas con las reglas para AESS.

### ¿Cómo puede ser usted más útil al equipo?

Como ingeniero, usted puede ayudar a ejecutar un diseño exitoso a través de sus acciones. Comprender las necesidades del ejecutor de los planos de fabricación y montaje, del fabricante y del montador no es complicado y se puede resumir como sigue.

### FABRICANTE / EJECUTOR DE LOS PLANOS DE FABRICACIÓN Y MONTAJE

El fabricante quiere que usted le provea un diseño que permita que el material “fluya” continuamente a través de su fábrica. Esto significa que el diseño no debería requerir soldaduras en columnas o vigas, si el mismo ya requiriese el taladrado o punzonado de agujeros en dichos miembros. Las líneas de producción de taladrado y punzonado de barras y las líneas de producción de soldadura están en sitios diferentes del taller. Cuesta mucho dinero trasladar una columna o una viga de una línea a otra. El material no “fluirá” en el taller si tal transferencia debe ser realizada. Los Fabricantes y los Ejecutores de los planos de fabricación y montaje recomiendan lo siguiente para lograr un diseño exitoso:

- Utilizar conexiones AISC estándar: uniones con ángulos simples y uniones simples de chapas al corte.
- Usar uniones a momento abulonadas en obra.
- Mantener un diseño simple.
- Hacer que los planos de diseño sean comprensibles.
- Minimizar los cambios.
- Emitir órdenes de compra de materiales y planos de fabricación y montaje, sólo cuando estén terminados. Si no lo estuvieran, informar al arquitecto, al constructor y fabricantes acerca de los faltantes.
- Repetir las dimensiones de las barras cada vez que sea posible (peso mínimo no significa costo mínimo).
- Indicar todas las reacciones en los planos de diseño: esfuerzo axil, corte, momento y modo de transferencia de esfuerzos.
- Responder las preguntas del fabricante lo más pronto posible, en otras palabras MUY RÁPIDO.
- Aprobar los planos de fabricación en plazo.
- Recuerden: la fabricación de estructuras de acero es un negocio.



**PilotesVictor**

Desde 1950

**Perforados  
Hinca de tubo  
Perforados encamisados  
Anclajes**

pvector@adinet.com.uy

409 3905

### Montador

- Minimizar la cantidad de material suelto para el montaje.
- Utilizar la longitud máxima práctica para las columnas de edificios (dos o tres pisos con empalmes a 1,20 m [4ft.] sobre el nivel del piso).
- Cuando sea posible, proveer arriostramientos permanentes, que puedan ser también utilizados como arriostramientos provisorios.
- Mantener un diseño simple y hacer que los planos de montaje sean fácilmente entendibles.
- Recuerden: la construcción en acero es un negocio.

Debemos prestar atención a las necesidades comunes de los distintos miembros del equipo. Hay que escuchar al fabricante, al ejecutor de los planos de fabricación y montaje (detallador) y al montador. Ellos han ganado conocimientos prácticos en la experiencia del día a día al ejecutar cantidades de proyectos. Este conocimiento es importante para lograr un buen diseño.

### Etapas de diseño

Las siguientes etapas, en orden aproximado, llevarán a un diseño exitoso:

- Definir los criterios para condiciones de servicio para vigas secundarias y principales.
- Definir un criterio de deformación lateral.
- Definir los criterios de protección contra incendio.
- Definir todos los requerimientos de seguros, como son los requerimientos de la mutual de la fábrica.
- Definir la dirección del drenaje de techo (principalmente para estructuras de un solo piso).
- Definir el sistema estructural, por ejemplo: estructura reticulada arriostrada, estructura aporricada, uso de muros de corte.
- Determinar las cargas sobre la estructura.
- Determinar el tipo de conexiones a usar para el sistema estructural para cargas horizontales.
- Determinar qué miembros se utilizarán para el sistema de arriostramiento contra fuerzas horizontales.
- Dimensionar los distintos miembros basándose tanto en el criterio de deformaciones como en los demás criterios de servicio.
- Verificar las deformaciones máximas.
- Verificar el dimensionamiento de los miembros por resistencia.
- Seleccionar las dimensiones de los miembros que permitan que las conexiones trabajen apropiadamente.
- Diseñar las conexiones.
- Dibujar los planos generales y los detalles en escalas adecuadas.
- Asegurarse que el diseño estructural haya sido correctamente interpretado en los planos de fabricación y montaje.
- Emplear el buen juicio.

### El rol del buen juicio

El buen juicio es el factor más importante para permitir el éxito y la viabilidad en los diseños de ingeniería. Estoy preocupado porque, en los últimos años, estamos minimizando el lugar del buen juicio en el análisis y el diseño. La definición de buen juicio, de acuerdo con Webster's, es "la capacidad para evaluar situaciones o circunstancias apropiadamente y arribar a conclusiones acertadas".

En el libro de Henry Petroski, *Paradigmas del diseño*, dice lo siguiente: "Los avances en las herramientas y los modelos analíticos no pueden por sí solos mejorar la práctica de la ingeniería y la confiabilidad de sus productos, a través de la elección de los datos de entrada y la interpretación de los resultados, sino desde un análisis que incluya un juicio extra científico. En efecto, los esfuerzos para mejorar los diseños de ingeniería concentrándose en refinar los modelos y herramientas

analíticas que son más fáciles de cuantificar, pueden resultar contraproducentes si esos esfuerzos se hacen a expensas de la reducción de las capacidades de juicio e interpretación de los ingenieros".

### DEBEMOS EMPLEAR EL JUICIO INGENIERIL EN NUESTROS ANÁLISIS Y DISEÑOS; MÁS AÚN COMPLEMENTAR LOS RESULTADOS DE NUESTROS ANÁLISIS CON CONSIDERACIONES PENSANTES Y CUIDADOSAS DE LOS RESULTADOS.

Muchas de las soluciones a los temas de constructibilidad anteriormente citados son de hecho reflexiones que llevamos a cabo para hacer diseños exitosos. También tomamos decisiones rutinarias que luego se incorporan a nuestra naturaleza de ingenieros. Por ejemplo:

- Despreciamos fuerzas o momentos irrelevantes.
- Suponemos uniones articuladas cuando realmente no son articulaciones puras.
- Despreciamos momentos en las bases con cuatro bulones de anclaje.
- Suponemos que el acero es isótropo y homogéneo.
- Despreciamos momentos secundarios en cordones y barras de alma reticulados.
- No tomamos en cuenta pequeños asentamientos diferenciales.
- No calculamos tensiones principales.
- Despreciamos las tensiones de laminación, deformación, corte y soldadura en miembros estructurales de acero.

### Algunos comentarios sobre el buen juicio

- El buen juicio minimiza los errores humanos.
- El buen juicio es lo que encamina al diseño en la dirección correcta.
- El buen juicio debe ser aplicado para evitar que el diseño no tome el camino errado.
- El buen juicio es necesario para separar los detalles principales de los detalles menores.
- El buen juicio nos guía respecto de qué incluir en nuestros modelos analíticos.
- El buen juicio nos guía sobre qué partes del diseño deben ser chequeadas independientemente.
- El buen juicio guía al ingeniero proyectista para decidir qué es lo que debe verificar en obra.
- El buen juicio encuentra los errores.

### ¿Cómo obtenemos un buen juicio?

- El buen juicio proviene de la experiencia.
- El buen juicio proviene de examinar el poco juicio o los errores de otros y de uno mismo.
- Los ingenieros exitosos del pasado son nuestros mejores maestros del buen juicio. Lo que los ingenieros hicieron en el pasado tiene relevancia en lo que deberíamos estar haciendo hoy.
- Hablemos con los contratistas, subcontratistas y proveedores de material acerca del diseño.
- Usemos los recursos del AISC.
- Discutamos ideas con nuestros colegas.
- Asistamos a seminarios de diseño.

El buen juicio es nuestra herramienta ingenieril más importante. Dejen que el buen juicio los guíe y temple todas sus decisiones de diseño.

### El rol de la computadora

Uno de los mejores comentarios con respecto al uso de la computadora en el diseño de Jim Wooten en su artículo titulado "La tercera ley de Wooten y el diseño de columnas de acero", publicado en la revista *Modern Steel Construction*, 1972.

El explica en su artículo que "La primera y la segunda Ley

de Wooten tienen que ver con el sexo, y que, a pesar de que son mucho más interesantes, no están relacionadas con esta discusión". La tercera Ley es la siguiente: "La adquisición de conocimiento poco común inhibe la aplicación del sentido común".

Más adelante en el artículo, Wooten continúa: "Quizás la mejor ilustración de la tercera ley es la computadora, una máquina que puede absorber millones de bits sofisticados y especializados, y todavía permanecer abismalmente estúpida, volviéndose completamente loca si una línea de programa o un título están fuera de lugar dentro del programa. Desafortunadamente, como la computadora, tendemos a volvernos más programados que educados".

"La computadora vuelve obsoleta la necesidad de racionalizar y simplificar los problemas, o inclusive de entenderlos. Nadie necesita sentirse culpable utilizando soluciones simples cuando la computadora puede hacerlas extremadamente complicadas".

"Nunca ha sido claro a cuántos lugares debe llevarse una respuesta inexacta hasta llegar a hacerla exacta".

Los diseños prácticos y exitosos pueden ser obtenidos solamente a través de la interacción del proyectista y la máquina. Ésta es una situación uno-a-uno. El ingeniero proyectista, y no la computadora, debe estar libre para tomar todas las decisiones pertinentes para resolver un problema particular. En mi opinión, es importante examinar los resultados del análisis antes de seleccionar y diseñar los elementos de la estructura. Examinando los resultados del análisis, se puede juzgar el comportamiento de la estructura y el modo de afinar el diseño preliminar.

**LA COMPUTADORA ES UNA HERRAMIENTA QUE DEBE USARSE PARA ASISTIR EL TRABAJO DEL INGENIERO PROYECTISTA. LOS RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS QUE DIFIEREN DE NUESTRO JUICIO Y SENTIDO COMÚN DEBEN SER CUIDADOSAMENTE REVISADOS.**

#### **Obteniendo diseños exitosos a través de la reducción de errores**

Todos los ingenieros y los especialistas forenses están de acuerdo en que los errores humanos son la principal causa de fallas en el diseño. Pensar en la prevención de los errores es un buen camino para lograr diseños exitosos. La visualización de los estados límites de cada elemento, de cada conexión y de la estructura como un todo nos permite determinar si hemos logrado un diseño con adecuada seguridad. Uno de los puntos destacados de las Especificaciones AISC del 2005 es que se listan todos los estados límites asociados para cada cálculo de resistencia. Entender los errores cometidos en el pasado mejora nuestro criterio, y por lo tanto ayuda a evitar los errores humanos de diseño cometidos en el presente.

Según Lev Zetlin (1988) "Los ingenieros deberían ser levemente paranoicos durante la etapa del diseño. Deberían considerar e imaginar que puede suceder lo imposible. No deberían estar complacidos y seguros con la sola idea de que si se satisfacen todos los manuales y especificaciones, la estructura será segura y estable".

Las modificaciones en el diseño de un proyecto, especialmente aquellas hechas a última hora, pueden introducir nuevos modos de falla o acentuar fallas ocultas. Cualquier cambio en el diseño, sin importar cuán grande o pequeño, debe ser analizado teniendo en la cabeza los objetivos originales del proyecto. Se debe tener especial cuidado al hacer modificaciones durante una reunión del equipo de diseño o una reunión de construcción. ¿Cuántas veces ha aceptado una modificación del diseño, solo para darse cuenta cuando está volviendo a casa desde el trabajo, que este cambio afecta negativamente otras partes del proyecto?

Se debe estar particularmente atento en diseños que resultan ser de una escala mucho mayor a la de aquellos en los que se participó en el pasado. Es un principio del diseño que se olvida frecuentemente: el efecto del tamaño y la escala.

El control de errores lógicos y matemáticos de los cálculos es extremadamente importante.

#### **EL CONTROL DE INCONSISTENCIAS Y OMISIONES EN PLANOS Y ESPECIFICACIONES PUEDE EVITAR CORRECCIONES EN OBRA MUY COSTOSAS Y PUEDE AYUDAR A ENCONTRAR FALLAS CUANDO TODAVÍA SE ENCUENTRAN EN PAPEL**

Resulta importante recordar que el proyectista original puede pasar por alto continuamente errores que él o ella cometió, mientras que un par o colega puede encontrar errores latentes y lógicas equivocadas. La revisión por parte de los pares en todos los diseños es altamente beneficiosa, pero el revisor deberá ser incorporado al proyecto en la fase de diseño conceptual.

R. Hauser (1979), en su trabajo "Lecciones de Fallas Europeas" [1], concluye que "La manera más eficiente de mejorar la seguridad estructural o reducir el esfuerzo para mantener un cierto nivel de seguridad en la estructura, es refinar los métodos de control de datos (para encontrar los errores de diseño), y no los métodos de análisis".

#### **Algunos comentarios irónicos sobre el diseño**

• **Cree diseños tipo "picapiedras".** Mike West, *Computerized Structural Design*. Estos son diseños que Pedro Picapiedras y Pablo Mármol podrían diseñar y construir. Crear diseños de picapiedras es un corolario de un viejo adagio, KISS: Sep It Simple, Stupid (Mantenlo Simple, Estúpido). Recuerde siempre que alguna pobre alma va a montar su estructura, bajo los ardientes rayos de sol o soportando el frío invierno. La complejidad es la última cosa de que el trabajador necesita preocuparse.

• **Sea un ksi.** C.K. Wang, Universidad de Winsconsin. El profesor Wang diría en su clase que imaginaras ser un ksi en un viaje desde una parte de la estructura hacia el suelo. Debes encontrar tu camino a través de cada elemento, conexión, soldadura, bulón, y tornillo sin estar sobreesforzado. Lo que ahora conocemos como "viaje de las cargas".

• **La teoría del escurrimiento.** Yo. La teoría del escurrimiento es lo opuesto del seguimiento de las cargas a través de la estructura. Esta teoría supone que el ksi irá a alguna parte y encontrará su manera de llegar al suelo sin la intervención del análisis ingenieril. No practique la teoría del escurrimiento.

• **Si funciona, no se meta con él.** Anónimo. Hay mucho criterio y sabiduría en esta afirmación. Un diseño probado funcionará un millón de veces siempre y cuando no se cambie la escala de la estructura.

## **CONSORCIO TRACOVIA S.C.**

**CONSTRUCCIONES DE CARRETERAS,  
PUENTES, OBRAS PORTUARIAS,  
MOVIMIENTOS DE TIERRA, ETC.**

Wilson Ferreira Aldunate 1342  
Tel.: 908 4489 - 908 4469  
Fax: 908 4003 - Montevideo

• **Usted no puede hacer sólo UNA cosa estúpida en el diseño.** *Mike West, Computerized Structural Design.* Al usar el mal criterio una vez en su diseño, otras malas decisiones serán tomadas.

• **Aprenda de sus errores.** *Anónimo.* Es la mejor forma de formar su criterio.

• **Menos es más.** *Mies van der Rohe, Illinois Institute of Technology.* Similar a KISS, solamente más elocuente.

• **Dios está en los detalles.** *Mies van der Rohe.* Los detalles son el diseño.

• **Si se ve bien, probablemente es bueno.** *Dick Schleis, Computerized Structural Design.* Es parte del criterio. Las proporciones muchas veces indican si una estructura o elemento estructural ha sido diseñado correctamente. Vaya a la obra. Los diseños se ven diferente cuando los ve en la realidad.

• **No adore al dios del peso.** *Anónimo.* Menor peso es raramente menor costo.

• **Si podemos evitar el pandeo local y lateral, entonces debemos poder diseñar una estructura basada en rigidez y condiciones de servicio.** *Jim Wooten, AFCCO Steel.* El acero estructural es un material extraordinario. Si prevenimos el pandeo en cualquiera de sus formas, la estructura encontrará alguna manera de mantenerse en pie.

• **Preferiría estar un edificio super-arriostrado y sub-diseñado, que un edificio sub-arriostrado y superdiseñado.**

• **Si no puede hacer un croquis grosero en un sobre, no debería diseñarlo.** *Bill Le Messurier.* Le Messurier Consultants. De nuevo, criterio. Debería saber la respuesta al problema antes de empezar un análisis sofisticado.

• **No se esconda debajo de su escritorio.** *Mike West, Computerized Structural Design.* No puede resolver un problema en su diseño si no puede enfrentarlo con la cabeza en alto. Reacciones, y hágalo rápido.

• **Esfuércese por la simplicidad estructural.** *Fazlur Khan.*

• **No se pierda en su propia tecnología.** *Fazlur Khan.*

## ASISTIENDO A LOS FUTUROS INGENIEROS PARA EL LOGRO DE DISEÑOS EXITOSOS

Todos aprendemos de nuestros predecesores. Como ingenieros, fabricantes, proyectistas, montadores y educadores, podemos asistir mejor a los futuros ingenieros a convertirse en proyectistas exitosos.

### Ingenieros

- Sea un mentor. Tome su tiempo para pasar sus años de experiencia a los ingenieros jóvenes, menos experimentados.
- Hable sobre el criterio a sus ingenieros jóvenes, y hábleles acerca de su importancia en el proceso de diseño.
- Manténgase siempre abierto a las sugerencias de fabricantes, montadores y proyectistas.
- Abrace el futuro. El diseño no es un proceso estático. Los métodos cambian. Obtendrá diseños exitosos abrazando el futuro, pero siempre estudiando previamente las nuevas ideas antes de utilizarlas.
- Dé parte de su tiempo a la AISC, ACI, ASCE y otras organizaciones profesionales. Podrá aprender la última tecnología para "ser transmitida". También puede hacer su contribución a la profesión a cambio de satisfacción y amistades duraderas.
- Mire más allá de lo que hacemos en los Estados Unidos. Se puede tener visiones de conceptos de diseños muy interesantes desarrollados en el extranjero.

### Fabricantes, montadores y proyectistas

- Invierta tiempo en el AISC, especialmente para comités técnicos: los académicos y profesionales de la ingeniería necesitan su contribución.

• Tome su tiempo para hablar con los jóvenes ingenieros acerca de los problemas de diseño e informarles acerca de cómo ciertos procedimientos afectan los costos del proyecto.

• Contribuya en alguno de los varios seminarios y publicaciones del AISC para ingenieros y educadores informando acerca de cómo ciertos aspectos del diseño afectan los costos de fabricación.

• Fabricantes: ofrezcan visitas a sus instalaciones a los ingenieros proyectistas.

• Sea el Sponsor de al menos una charla de la NASCC acerca de lo que el ingeniero debería saber sobre el detalle, fabricación y montaje. Los ingenieros necesitan mayor orientación de los dibujantes / proyectistas y fabricantes. Estas presentaciones no pueden ser dadas "demasiadas veces".

### Educadores

• **ENSEÑE A LOS ESTUDIANTES A PENSAR CREATIVAMENTE. YO SÉ QUE LOS TIEMPOS EN EL AULA SON EXTREMADAMENTE LIMITADOS, PERO LOS PROBLEMAS CON FINAL ABIERTO SON INVALORABLES PARA LA EDUCACIÓN DE LOS ESTUDIANTES.**

• Concéntrese en lo fundamental. Es trabajo del empleador al enseñar cómo diseñar.

• Transmita la importancia del análisis lógico, teniendo las condiciones de borde y operaciones matemáticas correctas. Usar la teoría correcta para la resolución de un problema no hace una estructura más segura por sí sola.

• Dé a los estudiantes tantos ejemplos y ejercicios como sea posible, para ayudarlos a desarrollar su criterio y haga preguntas como: "¿Les parece correcta esta respuesta?"

• Enseñe el diseño plástico del acero. Los procedimientos del diseño plástico dan al estudiante conocimientos fundamentales acerca del comportamiento de la estructura y los ayudan a desarrollar su criterio.

### Los jóvenes ingenieros deben:

- Aprender a comunicarse. La ingeniería es un negocio que involucra personas.
- Involucrarse en actividades profesionales.
- No olvidarse de que "Dios está en los detalles".
- Visitar la obra. Allí aprenderán muchísimo.
- Pensar en cómo se llena la bandeja de "ENTRADA" de sus escritorios. Usted no tendrá trabajo a menos que los proyectos se vendan. Los proyectos se venden si están hechos de la manera correcta y completa en el tiempo especificado. Ayude a su empresa a obtener beneficios. Beneficio no es una mala palabra, sin él la empresa no existiría.

### Para lograr diseños exitosos, acuérdesese de:

- Pensar en el problema global,
- Pensar en las condiciones constructivas,
- Ser un jugador de equipo, y
- Usar su criterio todo el tiempo.

### Referencias

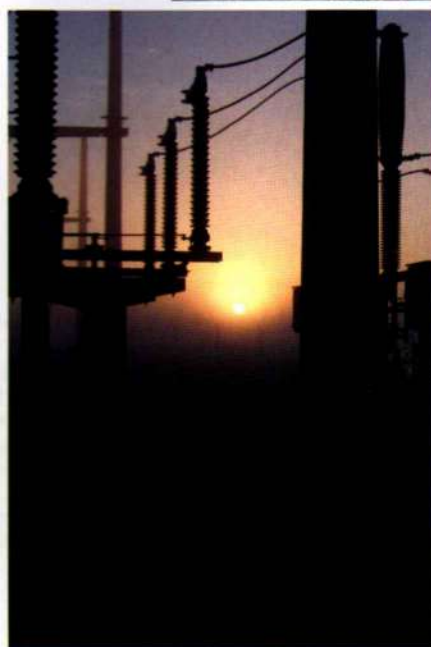
- AISC (2005). Specification for Structural Steel Buildings, American Institute of Steel Construction, Chicago, Ill.
- Hauser, R. (1979). "Lessons from European Failures", Concrete International, Diciembre, 1979, pág. 21-25.
- Petroski, Henry (1994). "Paradigmas de Diseño: Casos Históricos de Errores de Criterio en la Ingeniería". Cambridge University Press.
- Wooten, James (1971), "La Tercera Ley de Wooten y el Diseño de Columnas de Acero", AISC, Modern Steel Construction, second quarter, 1971.
- Zetlin, Lev. (1988). "Recopilación de Conferencias Presentadas en Varias Convenciones, Conferencias y Seminarios Nacionales". West Palm Beach, Fla.: Zetlin-Argo Structural Investigations.

[1] "Lessons from European Failures"

Este artículo es la traducción de Desing!, publicado en la Revista Modern Steel Construction de abril de 2006. [www.modernsteel.com](http://www.modernsteel.com)

# Central Térmica de Respaldo

## *“Punta Del Tigre”*





El pasado 13 de setiembre la AIU, organizó una visita a las instalaciones de la nueva Central de Ciclo Abierto "Punta del Tigre", propiedad de UTE.

El Proyecto se separó en 7 contratos principales:

- Construcción de la línea clase 500 kV (operada inicialmente en 150 kV) de 22 Km de longitud desde la Central hasta la línea de 150 KV que une Baygorria con Montevideo "B" (ejecutado).
- Construcción de 2 tanques para gasoil de 4000 m<sup>3</sup> cada uno (ejecutado).
- Construcción de un oleoducto para transporte del gasoil desde la Planta de "La Tablada" (ANCAP) hasta "Punta del Tigre" (ejecutado).  
Longitud: 37.400 m.  
Diámetro: 12"  
Material: Acero API 5L X46.  
Capacidad de Bombeo Nominal: 200 m<sup>3</sup>/h  
Prueba hidráulica realizada a 32 bar.  
Presión de trabajo: 11 bar.
- Suministro y montaje de unidades de generación (ejecutado).  
Potencia neta: 200 MW (condiciones ISO).  
N° de unidades: 4.  
Configuración: Ciclo Abierto  
Tensión de salida: 150 kV.  
Frecuencia: 50 Hz.  
Combustible principal: Gas Natural  
Combustible alternativo: Gas-oil.
- Suministro y montaje de Compresores de Gas Natural (En fase de licitación).
- Construcción del Ramal de Gasoducto de Alimentación (En fase de Licitación).
- Construcción de la Toma de agua y descarga en el Río de la Plata (En fase de Proyecto).

# olimpiadas de ingenieros argentinos

*Los Ingenieros que participaron de la maratón y los que participaron en futbol.  
Entrega de premios y ceremonia de inauguración.*





Competidores de la Maratón en Córdoba, de izquierda a derecha los ingenieros: Fernando Lissignoli, 2º en categoría + 50; Fernando Cambón, 1º en +40 y 2º en libres y Adolfo Gallero.



Una vez más, los Ingenieros que amamos el deporte y la recreación, participamos de una nueva edición de los Juegos Olímpicos de Ingenieros, los que se llevaron a cabo los días 1 al 5 de Noviembre en Villa Giardino Provincia de Córdoba, Argentina .

Este año hemos logrado una amplia convocatoria, con grupos muy numerosos tanto en deportistas como en familias o acompañantes.

Vale entonces la acotación para quienes no han concurrido nunca a estos Juegos, para decirles que no se trata de una justa deportiva para atletas con competitividad, sino que simplemente basta con tener las ganas de participar y disfrutar en forma distendida, de unos días maravillosos entre amigos que tienen denominadores comunes: la ingeniería y el deporte.



**MINISTERIO DE TRANSPORTE Y OBRAS PÚBLICAS**  
**CONSTRUYENDO EL PAÍS PRODUCTIVO**

CAMARA/ISBA

**AYER**

Compañía Uruguaya  
de Cemento Portland S. A.

**HOY**

Cementos Artigas S. A.

**SIEMPRE**

nuestro compromiso con la eficiencia,  
satisfacción al cliente  
y el cuidado del medio ambiente.



Seguiremos el proceso iniciado de invertir en la mejor tecnología disponible, brindando posibilidades de actuación a profesionales con alta capacitación, con una filosofía basada en el respeto al medio ambiente y manteniendo un elevado nivel de responsabilidad social, factores que nos han llevado a ser una empresa modelo en el país y la región.



Maria Orticochea 4707  
Tel.: 309 2810 - Fax: 307 1178  
Línea Especial 0800 - 8192  
[www.cemartigas.com.uy](http://www.cemartigas.com.uy)  
Montevideo - Uruguay



# Carreras universitarias 2007



**Contador Público**

**Licenciatura en Economía**

**Licenciatura en Gerencia y Administración**

**Licenciatura en Estudios Internacionales**

**Arquitectura**

**Licenciatura en Diseño de Interiores**

**Licenciatura en Diseño Gráfico**

**Licenciatura en Diseño Industrial**

**Licenciatura en Diseño de Modas**

**Licenciatura en Comunicación Audiovisual**

**Licenciatura en Comunicación Periodística**

**Licenciatura en Comunicación Publicitaria**

**Ingeniería en Electrónica**

**Ingeniería en Telecomunicaciones**

**Ingeniería en Sistemas**

**Licenciatura en Sistemas**

Cuareim 1451 - Tel.: 902 15 05  
Bvar. España 2633 - Tel.: 707 18 06  
info@ort.edu.uy - www.ort.edu.uy

**ORT**  
UNIVERSIDAD ORT  
Uruguay